



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA BAHIA - IFBA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MULTI-INSTITUCIONAL EM DIFUSÃO DO
CONHECIMENTO - PPGDC**

JOSÉ ANTONIO GONÇALVES DOS SANTOS

**VALORAÇÃO DE TECNOLOGIA MICROBIANA PARA APLICAÇÃO
EM RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO UTILIZANDO UM
MODELO ADAPTADO**

Salvador

2023

JOSÉ ANTONIO GONÇALVES DOS SANTOS

**VALORAÇÃO DE TECNOLOGIA MICROBIANA PARA APLICAÇÃO
EM RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO UTILIZANDO UM
MODELO ADAPTADO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Multi-institucional em Difusão do Conhecimento, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Difusão do Conhecimento.

Área de Concentração: Modelagem da Geração e Difusão do Conhecimento.

Linha de Pesquisa: Difusão do Conhecimento: Informação, Comunicação e Gestão.

Orientador: Prof. Dr. Elias Ramos de Souza

Coorientador: Prof. Dr. João Leandro Cássio de Oliveira

Salvador

2023

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas do Instituto de Educação,
Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA

S237v Santos, José Antonio Gonçalves dos.

Valoração de tecnologia microbiana para aplicação em recuperação avançada de petróleo utilizando um modelo adaptado / José Antonio Gonçalves dos Santos. Salvador: J.A.G. dos Santos, 2023.

253 f.: il.; 30 cm.

Tese (Doutorado Multi-institucional em Difusão do Conhecimento) - Programa de Pós-Graduação Multi-institucional em Difusão do Conhecimento, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Universidade Federal da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Elias Ramos de Souza.

Coorientador: Prof. Dr. João Leandro Cássio de Oliveira.

1. Transferência de Tecnologia. 2. Ativos Intangíveis. 3. MEOR. 4. Brasil. 5. Maturidade Tecnológica. I. Souza, Elias Ramos de. II. Oliveira, João Leandro Cássio de. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. IV. IFBA. V. Título.

CDU 62

JOSÉ ANTONIO GONÇALVES DOS SANTOS

**VALORAÇÃO DE TECNOLOGIA MICROBIANA PARA APLICAÇÃO EM
RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO UTILIZANDO UM MODELO
ADAPTADO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Multi-institucional em Difusão do Conhecimento para avaliação da Banca Examinadora designada pelo Colegiado Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Difusão do Conhecimento.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Elias Ramos de Souza - Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)

Prof. Dr. João Leandro Cássio de Oliveira – Co-orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Norte de Minas Gerais (IFNMG)

Prof. Dra. Ana Maria Ferreira Menezes - Membro Interno
Universidade do Estado da Bahia (UNEB)

Prof. Dr. Hugo Saba Pereira Cardoso - Membro Interno
Universidade do Estado da Bahia (UNEB)

Prof. Dr. Paulo Fernando Almeida – Membro Externo
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Profª. Dra. Wagner Piler Carvalho dos Santos - Membro Externo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)

Prof. Dr. João Francisco Sarno Carvalho – Membro Externo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais

Salvador, 10 de outubro de 2023.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA**

ATA

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MULTI-INSTITUCIONAL EM DIFUSÃO DO
CONHECIMENTO (PPGDC)**

Ata de sessão pública para apresentação e defesa de tese doutorado do trabalho de conclusão de curso do Programa de Pós-Graduação Multi-Institucional em Difusão do Conhecimento (PPGDC)

Às 10 horas do dia dez do mês de outubro do ano de dois mil e vinte três, na Sala Web conferência RNP <https://conferenciaweb.rnp.br/ifba/ppgdc-ifba> no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA sob a presidência do(a) professor(a) doutor(a) Elias Ramos de Souza , realizou-se a sessão pública de defesa de tese, remota, amparada pela Portaria nº 36 CAPES/MEC de 19 de março de 2020, Ofício Nº 01/2020/PRPGI.REI/REI e Resolução Nº 07/IFBA, de 22 de março de 2020, do Programa de Pós-Graduação Multi-Institucional em Difusão do Conhecimento (PPGDC) para apresentação do trabalho de conclusão de curso intitulado “VALORAÇÃO DE TECNOLOGIA MICROBIANA PARA APLICAÇÃO EM RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO UTILIZANDO UM MODELO ADAPTADO” da Área de Concentração - Modelagem da Geração e Difusão do Conhecimento, Linha de Pesquisa 2 - Difusão do Conhecimento – Informação, Comunicação e Gestão, de autoria do(a) doutorando(a) **JOSÉ ANTÔNIO GONÇALVES DOS SANTOS, matrícula 20191600003, CPF: 188.359.455-34**, sendo integrantes da Banca Examinadora de Defesa da Tese o professor doutor Elias Ramos de Souza (Presidente e Orientador – IFBA), o professor doutor João Leandro Cássio de Oliveira (Coorientador IFNMG), a professora doutora Ana Maria Ferreira Menezes (Examinadora Interna – UNEB), o professor doutor Hugo Saba Pereira Cardoso (Examinador Interno - UNEB), o professor doutor Paulo Fernando de Almeida (Examinador Externo – UFBA), o professor doutor João Francisco Sarno Carvalho(Examinador Externo - IFSULDEMINAS) e a professora doutora Wagna Piler Carvalho dos Santos (Examinadora Externa - IFBA). Declarada aberta a sessão o professor doutor Elias Ramos de Souza saudou a todos os presentes e após agradecer aos membros da banca por terem aceitado participar da avaliação, passou a palavra a doutorando (a) **JOSÉ ANTÔNIO GONÇALVES DOS SANTOS** para fazer a explanação de seu trabalho. Retomando, o presidente e orientador passou a palavra aos membros da Banca Examinadora que teceram comentários sobre o trabalho e arguiram o(a) aluno(a) no que julgaram necessário. Em prosseguimento à sessão, a orientador fez os comentários sobre o desenvolvimento, a finalização do trabalho e a apresentação do(a) doutorando(a), e, sequencialmente, suspendeu a sessão pelo tempo necessário para que a Banca Examinadora elaborasse **os pareceres individuais e geral**. Retomados os trabalhos, o(a) professor(a) doutor(a) Elias Ramos de Souza leu os pareceres da Banca Examinadora da Tese, tendo o trabalho sido **APROVADO**. A defesa finalizou as **13:10** horas, devendo o(a) doutorando(a) providenciar as alterações indicadas pela Banca Examinadora, em até **60 dias** após esta data, para depósito da versão definitiva do trabalho. Não mais havendo a tratar, eu, Elias Ramos de Souza , lavrei a presente ata que segue assinada por mim, pelos demais membros da banca examinadora e pelo(a) doutorando (a).

Prof. Dr. Elias Ramos de Souza – Orientador

Prof. Dr. João Leandro Cássio de Oliveira - Coorientador

Profa. Dra. Ana Maria Ferreira Menezes– Examinadora Interna

Prof. Dr. Hugo Saba Pereira Cardoso – Examinador Interno

Prof. Dr. Paulo Fernando de Almeida – Examinador Externo

Prof. Dr. João Francisco Sarno Carvalho – Examinador Externo

Profa. Dra. Wagna Piler Carvalho dos Santos - Examinadora Externa

José Antônio Gonçalves dos Santos, **matricula 20191600003** - Discente PPGDC/IFBA



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Fernando de Almeida, Usuário Externo**, em 10/10/2023, às 16:26, conforme decreto nº 8.539/2015.



Documento assinado eletronicamente por **ELIAS RAMOS DE SOUZA, Servidor Sênior Voluntário**, em 10/10/2023, às 20:35, conforme decreto nº 8.539/2015.



Documento assinado eletronicamente por **João Francisco Sarno Carvalho, Usuário Externo**, em 10/10/2023, às 20:54, conforme decreto nº 8.539/2015.



Documento assinado eletronicamente por **Hugo Saba Pereira Cardoso, Usuário Externo**, em 10/10/2023, às 23:07, conforme decreto nº 8.539/2015.



Documento assinado eletronicamente por **Ana Maria Ferreira Menezes, Usuário Externo**, em 17/10/2023, às 16:11, conforme decreto nº 8.539/2015.



Documento assinado eletronicamente por **WAGNA PILER CARVALHO DOS SANTOS, Docente da Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação**, em 17/10/2023, às 16:30, conforme decreto nº 8.539/2015.



Documento assinado eletronicamente por **Jose Antonio Goncalves dos Santos, Usuário Externo**, em 18/10/2023, às 15:57, conforme decreto nº 8.539/2015.



Documento assinado eletronicamente por **João Leandro Cássio de Oliveira, Usuário Externo**, em 19/10/2023, às 13:51, conforme decreto nº 8.539/2015.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site
[http://sei.ifba.edu.br/sei/controlador_externo.php?](http://sei.ifba.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&acao_origem=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)
[acao=documento_conferir&acao_origem=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](http://sei.ifba.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&acao_origem=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)
informando o código verificador **3171139** e o código CRC **4410BBF1**.

DEDICATÓRIA

À glória de Deus, o principal da minha vida, a Rocha Eterna, em Quem encontro paz e descanso até quando cometo erros.

À minha esposa, Cácia, pela compreensão, paciência e apoio dedicados durante o Doutorado.

Aos meus filhos Lucas e Lídia, por quem faria tudo novamente, até mesmo os choros.

Aos meus netos Emanuel Lucas e Rebecca, por me alegrarem com a bagunça e seus abraços apertados, sinceros.

Às minhas mães Antônia, Cristina e Tuza, pelo amor igualmente incondicional e ensinamentos que somente mães oferecem; à memória do meu pai, Silvino, que se foi muito cedo.

Aos meus irmãos Lúcia, Luciene e José.

AGRADECIMENTOS

Gratidão expressa o reconhecimento espontâneo manifesto a quem decide caminhar com o outro ajudando-o a chegar. A gratidão emerge do *coração* e incorpora carinho, compreensão, atenção e homenagem. Durante o doutoramento, em geral, e a elaboração desta tese, em particular, houve satisfação e desafios que foram sanados com a colaboração de muitas pessoas e instituições.

Gratidão consiste em reconhecer que outros são capazes de suprir as nossas limitações e incompetências pontuais e localizadas, com a conseqüente associação de resultados coletivos e colaborativos.

Uma característica relevante desta tese é o princípio de que a produção do conhecimento é um processo colaborativo, como defende o PPGDC. Existe grande possibilidade de não manifestar minha gratidão com o devido merecimento e justiça, mas sinto-me honrado por ter cada um ao meu lado nesta caminhada.

A Deus agradeço as provisões necessárias para a realização do doutorado, pela saúde e força e, especialmente pelas pessoas que colocou em meu caminho. Senti sua presença todos os dias, independentemente de ser tempo de adversidade ou de alegria e contentamento. A Deus, louvor e glória.

Ao meu orientador, Professor Dr. Elias Ramos de Souza, pela confiança em mim depositada, apoio irrestrito e pela compreensão, paciência. A sua orientação ultrapassa os limites do compromisso acadêmico por ser humanizada.

À coordenação do Projeto *Alternativas Biotecnológicas Sustentáveis para Aumento do Fator de Recuperação de Petróleo de Reservatórios Carbonáticos*, que resultou no desenvolvimento de uma tecnologia MEOR, alvo desta tese. Agradeço a confiança para realizar este trabalho, sua valiosa contribuição, paciência, gentileza e compreensão, além da parceria em publicações.

Ao meu coorientador, Professor Dr. João Leandro Cássio de Oliveira, um *expert* em valoração; gratidão especial por suas ricas contribuições por meio de aulas *on-line* acerca do tema, da permissão para modificar a metodologia TVT – proposta em sua tese defendida em 2020 pela Universidade Federal de Minas Gerais – e da ajuda para elaborar a planilha de valoração. Seus conselhos, sua paciência e compreensão foram fundamentais.

Aos professores do PPGDC, com os quais tive a satisfação de cursar as disciplinas, fundamentais para a minha formação de analista cognitivo, por me proporcionarem a oportunidade de absorver novos conhecimentos – Maria Raidalva Nery Barreto, Alfredo

Eurico Rodrigues Matta, Antônio Carlos dos Santos Souza, Romilson Lopes Sampaio, Hugo Saba Pereira Cardoso, José Garcia Vivas Miranda, José Mário Araújo, Josemar Rodrigues de Souza, Aliger dos Santos Pereira, Leliana Santos de Sousa e Hernane Borges de Barros Pereira.

Aos membros da banca de Exame de Qualificação, Professores Dr. Hugo Saba Pereira Cardoso (Uneb), Dra. Wagner Piler Carvalho dos Santos (IFBA) e Dr. Paulo Fernando Almeida (UFBA), os quais contribuíram para o aprimoramento da pesquisa.

Aos colegas de doutorado e, especialmente, a Alicio Rodrigues Matos, Cristiane Neves de Oliveira, Fabio Araújo Barreto, Inacilma Rita Silva Andrade, Maira Lima de Souza, Maria do Socorro Batista de Jesus Cruz, Noêmia Carneiro de Araújo Resende Peterson Albuquerque Lobato, Simone de Souza Montes, Vangivaldo de Menezes Souza e Wéltima Teixeira Cunha. Fui abençoado pela convivência próxima com Livia Santos Simões, Antônio Eric Carneiro Cardoso e Roberto Carlos Oliveira dos Santos; termos o mesmo orientador possibilitou discussões e compartilhamentos de materiais.

Aos coordenadores do Programa de Pós-Graduação Multi-institucional em Difusão do Conhecimento (PPGDC) que atuaram durante o período da minha permanência no Programa, entre 2019-2022, professores Dr. Elias Ramos de Souza, Dr. Antônio Carlos dos Santos Souza e Dra. Urânia Auxiliadora Santos Maia de Oliveira, aos quais rendo homenagem especial.

Às secretárias do Programa de Pós-Graduação Multi-institucional em Difusão do Conhecimento (PPGDC) na Universidade Federal da Bahia (UFBA), Beatriz Cardoso, que se desligou em 2022, e Camila Guedes Serpa, pelo apoio e informações.

Aos Núcleos de Inovação Tecnológica da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Universidade Federal do Recôncavo Baiano (UFRB), Universidade do Estado da Bahia (Uneb), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS); à Agência Nacional de Inovação da Uneb e à Empresa Ubuntu Engenharia e Serviços de Óleo & Gás Ltda., pelas consultas.

Às secretárias do Programa de Pós-Graduação Multi-institucional em Difusão do Conhecimento no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), Anete Santos e Daniele Santos Santana, pelo excelente atendimento às demandas relativas à minha vida acadêmica.

Ao amigo Marcus Vinicius Carvalho Fagundes, pelo apoio para a concepção de planilha eletrônicas.

Ao Dr. Elias Barquete Albarello, pela discussão sobre o modelo de valoração monetária de tecnologias proposto por Yongtae Park e Gwangman Park e por ceder material de sua autoria.

À UESB, pela liberação das atividades profissionais para minha dedicação exclusiva ao doutoramento, previamente autorizada no âmbito do Departamento de Ciências Sociais Aplicadas.

Especialmente aos meus colegas de trabalho da Área de Economia da UESB, pela confiança de concordarem com a minha liberação e por assumirem as disciplinas que eu ministraria em um dos oito semestres letivos.

Aos Amigos Darci, Mira, Marilza e Ritinha, pela torcida e pelos efetivos incentivos.

A Jackson Nunes dos Santos, não existem palavras para lhe agradecer por todas as vezes em que me socorreu e pelo incentivo. Tornou-se um companheiro inestimável!

Especialmente a João Paulo Caetano, David Jacinto, Esdras Antunes do Nascimento, Adriano Nascimento, Ivan Vilas Boas Souza.

Aos demais, que oraram e torceram por mim, por desejarem a entrega desta tese como se fosse sua própria conquista.

Enfim, por tudo o que disse, como poderei me esquecer de vocês?

Esperai com paciência no Senhor, e ele se inclinou para mim, e ouviu o meu clamor:

Bíblia Sagrada, Salmos 40.1

Talvez eu não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus não sou o que era antes.

Marthin Luther King

RESUMO

SANTOS, J. A. G. dos. *Valoração de tecnologia microbiana para aplicação em recuperação avançada de petróleo utilizando um modelo adaptado*. 2023. 245 f. Tese (Doutorado em Difusão do Conhecimento) - Instituto Federal de Ciência, Tecnologia da Bahia (IFBA), Salvador, 2023.

Introdução. A valoração monetária de novas tecnologias cumpre um papel importante no processo de transferência desse tipo de ativo intangível, de universidade para empresas. Na literatura, é recorrente a abordagem dos métodos de valoração utilizados, especialmente em termos de adequação às especificidades do ativo em análise, consistência e confiabilidade. Diante das especificidades dos ativos intangíveis, da disponibilidade e confiabilidade de dados e da complexidade de um processo de valoração, não existe um método de valoração de tecnologia amplamente aceito para aplicação a todos os casos. Autores anteriores recomendam que novos métodos devem ser propostos ou adaptados pela perspectiva de mensurar corretamente um valor monetário justo. **Pressuposto.** A partir da visão teórica multidimensional da inovação tecnológica, assume-se nesta tese que apenas informações contábeis são insuficientes para a valoração de novas tecnologias. **Objetivo.** Propor um modelo híbrido de avaliação e valoração monetária de tecnologias aplicadas em Recuperação Avançada de Petróleo (MEOR) em campos maduros *onshore*, desenvolvidas em universidade pública no Brasil. **Justificativa.** A partir da revisão da literatura, constatou-se a ausência de pelo menos um estudo acadêmico sobre valoração de tecnologias MEOR, apesar da sua importância econômica e ambiental. Essas tecnologias, de modo geral, contribuem para a expansão da oferta do óleo por meio de reativação de campos maduros e marginais *onshore*, juntamente com novos campos. **Metodologia.** O modelo utilizado é uma adaptação da metodologia Termômetro de Valoração de Tecnologia (TVT), proposta originalmente por Oliveira (2020) e acrescida da abordagem dos autores Park, Y. e Park, G. (2004). A primeira etapa consistiu em uma avaliação da tecnologia baseada em seu grau de desenvolvimento e seu enquadramento em uma matriz de Níveis de Maturidade Tecnológica (NMT) construída a partir da TRL (*Technology Readiness Levels*) e da importância relativa do grau de inovação, do potencial de mercado e capacidade técnica da equipe de desenvolvedores da tecnologia, uma vez que influenciam o valor monetário. Para esta análise, utilizou-se a técnica *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para coletar as informações de especialistas, interpretá-las e classificá-las. A segunda etapa consistiu em mensurar o valor monetário propriamente dito com o uso de correlação e regressão linear. O modelo foi testado na valoração das tecnologias MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021, desenvolvidas por demanda da empresa Petrogal Brasil S.A. no Laboratório do Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente (CIENAM) e no Laboratório de Biotecnologia e Ecologia de Microrganismos (LABEM) do Instituto de Ciências da Saúde (ICS) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), em parceria com o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) e com o Instituto Superior de Petróleo e Gás (ISPG). O PWX, Xantana de Água Produzida, é um metabólito químico que resulta do processo de inundação para a obtenção de Recuperação Aprimorada de Petróleo (EOR). O SXG, conhecido como goma xantana, é um polissacarídeo sintetizado de bactérias fitopatogênicas *Xanthomonas campestris* e de grande interesse para a indústria de petróleo e gás devido sua elevada capacidade reológica. **Resultados e contribuições.** Os resultados da pesquisa comprovaram a capacidade do modelo proposto para valorar novas tecnologias MEOR desenvolvidas no Brasil em universidades, em qualquer nível da escala de maturidade tecnológica. Confirmou-se a existência de relações estruturais entre as dimensões técnicas e de mercado que emergem do processo de inovação e difusão da tecnologia. Tais relações exercem uma forte influência no valor monetário da tecnologia. A análise qualitativa resultou em uma classificação dos três fatores relevantes segundo a influência que exerce na mensuração do valor monetário – mercado (45,45%), grau de inovação (45,45%) e capacidade técnica e empreendedora da equipe de desenvolvedores da tecnologia (9,1%). Na análise quantitativa da tecnologia, três níveis de fatores de recuperação esperados de 10%, 19% e 25% originaram as respectivas taxas de acesso: U\$ 611,836.05 e U\$ 662,824.75, acrescidos de *royalty* de 5% (licenciamento); U\$ 6,338.621,48 e U\$ 6,866. 864.41 (cessão).

Palavras-chave: Transferência de tecnologia. Maturidade tecnológica. Ativos intangíveis. Brasil.

ABSTRACT

SANTOS, J. A.G. dos. *Valuation of microbial technology for application in advanced oil recovery using an adapted model*. 2023. 245 f. Thesis (Doctorate in Knowledge Dissemination) – Instituto Federal de Ciência, Tecnologia da Bahia (IFBA), Salvador, 2023.

Introduction. The monetary valuation of new technologies plays an essential role in the process of transferring this type of intangible asset from universities to companies. In the literature, the approach to the valuation methods used is recurrent, especially in terms of adequacy to the specificities of the asset in analysis, consistency, and reliability. Given the specificities of intangible assets, the availability and reliability of data, and the complexity of a valuation process, there is no widely accepted technology valuation method for application in all cases. Previous authors recommend that new methods be proposed or adapted from the perspective of correctly measuring a fair monetary value (Tipping; Zeffren; Fusfeld, 1995; Baek et al., 2009). **Assumption.** Based on the multidimensional theoretical view of technological innovation, this thesis assumes that only accounting information is insufficient for valuing new technologies. **Goal.** Propose a hybrid model for evaluation and monetary valuation of technologies applied in Advanced Oil Recovery (MEOR) in mature Onshore fields. developed at a public university in Brazil. **Justification.** The literature review found an absence of at least one academic study on the valuation of MEOR technologies despite their economic and environmental importance. These technologies, in general, contribute to the expansion of the oil supply by reactivating mature and marginal onshore fields, together with new fields. **Methodology.** The model used is an adaptation of the methodology called Technology Valuation Thermometer (TVT), initially proposed by Oliveira (2020), and added to the approach of the authors Park, Y. and Park, G. (2004). The first stage consisted of an assessment of the technology based on its level of development and its framing in a matrix of Technological Maturity Levels (TML) constructed from the TRL (Technology Readiness Levels) and the relative importance of the degree of innovation, the potential market and technical capacity of the technology developer team, as they influence the monetary value. For this analysis, the Analytic Hierarchy Process (AHP) technique was used to collect, interpret, and classify information from experts. The second stage consisted of measuring the monetary value itself using correlation and linear regression. The model was tested in the valuation of the MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021 technologies, developed at the request of the company Petrogal Brasil S.A. in the laboratory of the Interdisciplinary Center for Energy and Environment (CIENAM) and the Laboratory of Biotechnology and Ecology of Microorganisms (LABEM) of the Institute of Health Sciences (ICS) of the Federal University of Bahia (UFBA), in partnership with the Federal Institute of Education, Science and Technology of Bahia (IFBA) and the Superior Institute of Petroleum and Gas (ISPG). The PWX, Produced Water Xanthan, is a chemical metabolite that results from the flooding process to obtain Enhanced Oil Recovery (EOR). SXG, known as xanthan gum, is a polysaccharide synthesized from the phytopathogenic bacteria *Xanthomonas campestris* and is of great interest to the oil and gas industry due to its high rheological capacity. **Results and contributions.** The research results proved the capacity of the proposed model to value new MEOR technologies developed in Brazil in universities at any level of the technological maturity scale. The existence of structural relationships between the technical and market dimensions that emerge from the process of innovation and technology diffusion was confirmed. Such relationships have a strong influence on the monetary value of the technology. The qualitative analysis resulted in a classification of the three relevant factors according to the influence they exert on measuring monetary value – market (45.45%), degree of innovation (45.45%), and technical and entrepreneurial capacity of the team of technology developers (9.1%). In the quantitative analysis of the technology, three levels of expected recovery factors of 10%, 19%, and 25% created the respective access fees: US\$611,836.05 and US\$662,824.75, plus a 5% royalty (licensing); US\$6,338,621.48 and US\$6,866.864.41 (assignment).

Keywords: Technology transfer. Technological maturity. Intangible assets. Brazil.

RESUMEN

SANTOS, J. A. G. dos. *Valoración de tecnología microbiana para su aplicación en recuperación avanzada de petróleo mediante un modelo adaptado*. 2023. 245 f. Tesis (Doctorado em Difusión del Conocimiento) - Instituto Federal de Ciencia y Tecnología de Bahia (IFBA). Salvador, BA, 2023.

Introducción. La valoración monetaria de nuevas tecnologías cumple un papel importante en el proceso de transferencia de este activo intangible. Es recurrente el abordaje de los métodos de valoración en términos de adecuación a las especificidades del activo en análisis, consistencia y confiabilidad. Ante las especificidades de los activos intangibles, de la disponibilidad y confiabilidad de datos y de la complejidad de un proceso de valoración, no hay un método de valoración de tecnología ampliamente aceptado para la aplicación en todos los casos. Autores anteriores recomiendan que nuevos métodos deban ser propuestos o adaptados por la perspectiva de mensurar correctamente un valor monetario justo (Tipping; Zeffren; Fusfeld, 1995; Baek et al., 2009). **Presupuesto.** A partir de la visión teórica multidimensional de la innovación tecnológica, se asume en esta tesis que solo informaciones contables son insuficientes para la valoración de nuevas tecnologías. **Objetivo.** Proponer un modelo híbrido para la evaluación y valoración monetaria de tecnologías aplicadas en Recuperación Avanzada de Petróleo (MEOR) en campos maduros onshore. desarrollado en una universidad pública de Brasil. **Justificación.** En literatura, está ausente estudios académicos acerca de la valoración de tecnologías MEOR, a pesar de su importancia económica y ambiental. El MEOR contribuyen para la expansión de la oferta del óleo por medio de la reactivación de campos maduros y marginales *onshore*. **Metodología.** El modelo utilizado es una adaptación de la metodología nombrada Termómetro de Valoración de Tecnología (TVT), propuesta originalmente por Oliveira (2020) y agregada de la aproximación de los autores Park, Y. e Park, G. (2004). La primera etapa consistió en una evaluación de la tecnología basada en su grado de desarrollo establecido en una matriz de Niveles de Madurez Tecnológica (NMT) construida basado en *Technology Readiness Levels* (TRL) y de la importancia relativa del grado de innovación, del potencial de mercado y capacidad técnica del equipo de desarrolladores de la tecnología, visto que influyen el valor monetario. Para este análisis, se utilizó la técnica *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para coleccionar las informaciones de especialistas, interpretarlas y clasificarlas. La segunda etapa es mensurar el valor monetario con el uso de la correlación y la regresión lineal. El modelo fue probado en la valoración de las tecnologías MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021, desarrolladas por demanda de la empresa Petrogal Brasil S.A. en el Laboratorio del Centro Interdisciplinar de Energía y Ambiente (CIENAM) y en el Laboratorio de Biotecnología y Ecología de Microorganismos (LABEM) del Instituto de Salud Colectiva (ISC) de la Universidad Federal da Bahía (UFBA), en alianza con el Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología da Bahía (IFBA) y con el Instituto Superior de Petróleo y Gás (ISPG). PWX, Produced Water Xanthan, es un metabolito químico que resulta del proceso de inundación para obtener una recuperación mejorada de petróleo (EOR). El SXG, conocido como goma xantana, es un polisacárido sintetizado de la bacteria fitopatógena *Xanthomonas campestris* y es de gran interés para la industria del petróleo debido a su alta capacidad reológica. **Resultados y contribuciones.** Los resultados comprobaron la capacidad del modelo propuesto para valorar nuevas tecnologías MEOR desarrolladas en Brasil en universidades, en cualquier nivel de la escala de madurez tecnológica. Se confirmó la existencia de relaciones estructurales entre las dimensiones técnicas y de mercado que emergen del proceso de innovación y difusión de la tecnología. Tales relaciones ejercen una fuerte influencia en el valor monetario de la tecnología. El análisis cualitativo resultó en una clasificación de los tres factores relevantes según la influencia que ejerce en la mensuración del valor monetario – mercado (45,45%), grado de innovación (45,45%) y capacidad técnica y emprendedora del equipo de desarrolladores de la tecnología (9,1%). En el análisis cuantitativo de la tecnología, tres niveles de factores de recuperación esperados de 10%, 19% y 25% originaron las respectivas tasas de acceso: US\$ 611,836.05 y US\$ 662,824.75, agregados de royalty de 5% (licencia); US\$ 6,338.621,48 y US\$ 6,866. 864.41 (asignación). La principal contribución fue la construcción de una herramienta computacional en Excel, compuesta por tres módulos incluido el análisis de viabilidad económica, AHP, evaluación cualitativa y valoración.

Palabras-clave: Transferencia de tecnología. Madurez tecnológica. Activos intangibles. Brasil.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i> (Método de Análise Hierárquica)
ANP	Agência Nacional do Petróleo
BPMN	Notação de Modelagem de Processos de Negócio
BSW	<i>Basic Sediment and Water</i> (Sedimento Básico e Água)
CTC&E	Capacidade Técnica, Científica e Empreendedora
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAPM	Modelo de Precificação de Ativos Financeiros
CIENAM	Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
CPC	Comitê de Pronunciamentos Contábeis
CT&I	Ciência, Tecnologia e Informação
DTA	Análise de Árvore de Decisão
EIA	<i>(Energy Information Administration</i> (Administração de Informações de Energia)
EOR	Recuperação Avançada de Petróleo
EPS	Lucro por Ação
ETT	Escritório de Transferência de Tecnologia
FCD	Fluxo de Caixa Descontado
IASB	<i>International Accounting Standards Board</i> (Conselho Internacional de Normas Contábeis)
ICS	Instituto de Ciências da Saúde
ICT	Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação
IEA	<i>International Energy Agency</i> (Agência Internacional de Energia)
IFBA	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia
IJV	Alianças Estratégicas
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
ISPG	Instituto Superior de Petróleo e Gás
IVS	<i>International Valuation Standards</i> (Padrões Internacionais de Avaliação)
Labem	Laboratório de Biotecnologia e Ecologia de Microrganismos
MCDA	<i>Multi-Criteria Decision Analysis</i> (Análise de Decisão Multicritério)
MDC	Métodos de Decisão Multicritério
MVA	<i>Market Value Added</i> (Valor de mercado Adicionado)

NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NIT	Núcleo de Inovação Tecnológica
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OECD	<i>Organization for Economic Co-operation and Development</i>
OM	<i>Operating Margin</i>
OPEC	<i>Organization of the Petroleum Exporting Countries</i>
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
OPM	Modelo de Precificação de Opções
PIB	Produto Interno Bruto
PME	Pequenas e Médias Empresas
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PD&E	Países em Desenvolvimento e Emergentes
PCT	<i>Patent Cooperation Treaty</i>
PWX	<i>Produced Water Xanthan (Xantana de Água Produzida)</i>
RAP	Recuperação Avançada de Petróleo
RAV	Relatório de Avaliação e Valoração
RBV	Visão Baseada em Recursos (<i>Resource-based View</i>)
RNA	Redes Neurais Artificiais (<i>Artificial Neural Networks</i>)
ROA	<i>Return on Assets</i>
SD	<i>Science Direct</i>
SFP	Sistema Flexível de Produção
SI	Sistema de Inovação
SMC	Simulação Monte Carlo
SNI	Sistema Nacional de Inovação
SRP	Sistema Rígido de Produção
SXG	Sigma TM <i>Xanthan Gum</i> (Goma Xantana Sigma)
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TIR	Taxa de Retorno Interno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TRL	<i>Technology Readiness Level</i>
TT	Transferência de Tecnologia
TTO	Escritórios de Transferência de Tecnologia

TVP	Polímero Termoviscosificante
TVT	Termômetro da Valoração de Tecnologias
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFMT	Universidade Federal do Mato Grosso
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
VOM	Valor de Mercado
VOT	Valor da Tecnologia
VPL	Valor Presente Líquido
WIPO	Organização Mundial da Propriedade Intelectual (<i>World Intellectual Property Organization</i>)
WoS	<i>Web of Science</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema da estrutura da tese	30
Figura 2 - Dimensões da Mudança Tecnológica	43
Figura 3 - Modelo de interação em cadeia – 3ª geração	53
Figura 4 - Representação do modelo de Inovação Fechada	56
Figura 5 - Representação do modelo de Inovação Aberta	57
Figura 6 - Tipos de propriedade intelectual no Brasil	73
Figura 7 - Resumo das etapas da pesquisa	87
Figura 8 - Processo de busca de publicações, por base de dados (1996 a 2022)	90
Figura 9 - Painel de informações gerais da pesquisa bibliométrica	91
Figura 10 - Distribuição dos 10 autores mais relevantes em número de publicações	92
Figura 11 - Distribuição dos 10 autores mais citados	92
Figura 12 - Evolução das publicações ao longo do tempo	93
Figura 13 - Afiliação das 10 instituições com maior número de autores	93
Figura 14 - Distribuição dos países com maior número de publicações	94
Figura 15 - Nuvem de palavras-chave mais (autores e editores)	96
Figura 16 - Evolução dos temas de pesquisa nos períodos 1997-2023	96
Figura 17 - Número de publicações sobre valoração por categoria, 1996 a 2022	97
Figura 18 - Fases do processo de análise e gestão da tecnologia	101
Figura 19 - Relação estrutural entre os fatores VOT e VOM	136
Figura 20 - Etapas para Estimativa do fluxo de renda	137
Figura 21 - Escopo do modelo TVT Adaptado	140
Figura 22 - Fatores e subfatores condicionantes do valor da tecnologia	141
Figura 23 - Etapas do desenvolvimento de tecnologias	143
Figura 24 - Eixos das informações para a valoração da tecnologia	147
Figura 25 - Etapas do processo de valoração da tecnologia MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021	150
Figura 26 - Estrutura de decisão hierárquica em quatro níveis no modelo proposto	175
Figura 27 - Hierarquia do problema de valoração de tecnologia	176
Figura 28 - Modelagem do problema de Valoração da Tecnologia com o AHP	177
Figura 29 - Contribuição de fatores relevantes para a MEOR PWX-BA2021 e SXG-BA2021	182
Figura 30 - Grau de desenvolvimento tecnológico da MEOR e sua relação com a TRL	191
Figura 31 - Representação gráfica hipotética de correlação positiva, negativa e nula	193
Figura 32 - Comportamento da vida útil do campo e receita de venda sem MEOR	197
Figura 33 - Comportamento da vida útil do campo e receita de venda, com MEOR (10%)	198
Figura 34 - Comportamento da vida útil do campo e receita de venda, com MEOR (19%)	199
Figura 35 - Comportamento da vida útil do campo e receita de venda, com MEOR (25%)	200

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Caracterização da pesquisa	33
Quadro 2 - Graus de incerteza relacionados a diferentes tipos de inovações	49
Quadro 3 - Principais modelos de inovação e seus aspectos básicos	52
Quadro 4 - Proposta de classificação de ativos intangíveis	69
Quadro 5 - Abordagens do valor na história do pensamento econômico	78
Quadro 6 - Caracterização da pesquisa	85
Quadro 7 - <i>Strings</i> para busca de dados, por base de dados	88
Quadro 8 - Filtros para a busca de dados	89
Quadro 9 - Artigos de autores brasileiros recuperados (1996-2022)	94
Quadro 10 - Títulos mais relevantes em termos de citações globais	95
Quadro 11 - Artigos sobre valoração de tecnologias obtidos em bases de dados, 2004-2022	97
Quadro 12 - Publicações sobre avaliação de tecnologias com pontuação e indicadores	104
Quadro 13 - Publicações sobre avaliação e valoração de tecnologia com técnicas multicritério	105
Quadro 14 - Resumo comparativo das abordagens quantitativas de valoração de tecnologia	107
Quadro 15 - Métodos de valoração baseados em custos	108
Quadro 16 - Principais métodos de valoração baseados em mercado	109
Quadro 17 - Métodos de valoração baseados em renda	110
Quadro 18 - Métodos de valoração baseados em opções	112
Quadro 19 - Métodos acadêmicos de valoração publicados em artigos 2004-2022	117
Quadro 20 - Teses e dissertações sobre valoração de tecnologias originadas em universidade	119
Quadro 21 - Características metodológicas do capítulo	133
Quadro 22 - Composição dos fatores VOT e VOT, definições e métricas de entrada	135
Quadro 23 - Níveis de maturidade tecnológica	144
Quadro 24 - Tipo de informações e respectivas fontes	147
Quadro 25 - Critérios para pontuação do Fator Grau de Inovação	151
Quadro 26 - Pontuação para o Fator Mercado	152
Quadro 27 - Critérios de pontuação do Fator capacidade técnica, científica e empreendedora	153
Quadro 28 - Fator grau de inovação da tecnologia	168
Quadro 29 - Fator mercado da tecnologia	169
Quadro 30 - Fator capacidade técnica, científica e empreendedora	171
Quadro 31 - Estrutura da matriz de comparação de fatores com método AHP	178
Quadro 32 - Caracterização da metodologia do capítulo	187
Quadro 33 - Distribuição de pesos por fator	189
Quadro 34 - Nível de desenvolvimento tecnológico MEOR PWX/SXG-BA202/SXG-BA2021	191
Quadro 35 - Grau de maturidade da tecnologia MEOR PWX-BA202/SXG-BA2021	192
Quadro 36 - Interpretação do coeficiente de correlação	194
Quadro 37 - Resumo da correlação e regressão para os cenários tecnológicos	200

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo de agregação dos fatores VOT	137
Tabela 2 - Exemplo de agregação dos fatores VOT	137
Tabela 3 - Escala AHP para comparação de julgamentos	173
Tabela 4 - Matriz de decisão da avaliação dos fatores F_1 , F_2 e F_3 pelos especialistas	179
Tabela 5 - Matriz normalizada dos fatores F_1 , F_2 e F_3	173
Tabela 6 - Índices Randômicos (IR) do método AHP	181
Tabela 7 - Índice de consistência da matriz dos fatores F_1 , F_2 e F_3	181
Tabela 8 - Determinação do valor de λ da matriz dos fatores F_1 , F_2 e F_3	181
Tabela 9 - Avaliação dos subfatores $Subf_1$ a $Subf_5$	182
Tabela 10 - Determinação do valor de λ da matriz dos subfatores $Subf_1$ a $Subf_5$	183
Tabela 11 - Determinação do valor de λ da matriz dos subfatores $Subf_6$ a $Subf_{10}$	183
Tabela 12 - Determinação do valor de λ da matriz dos subfatores $Subf_{11}$ a $Subf_{15}$	184
Tabela 13 - Combinação sumária das prioridades gerais dos fatores e subfatores	184
Tabela 14 - Pontuação por fator para uma tecnologia no último estágio de desenvolvimento	189
Tabela 15 - Pontuação por fator para a tecnologia MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021	190
Tabela 16 - Parâmetros de viabilidade para a MEOR por tipo de tecnologia	196
Tabela 17 - Estimativa de receita anual de petróleo recuperado sem MEOR	197
Tabela 18 - Estimativa de receita anual de petróleo recuperado com MEOR (10%)	198
Tabela 19 - Estimativa de receita anual de petróleo recuperado com MEOR (19%)	199
Tabela 20 - Comportamento da vida útil do campo e receita de venda com MEOR (25%)	199

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
1.1 O Problema de Pesquisa	23
1.2 Objetivos da Pesquisa	26
2.1 Objetivo geral	26
2.2 Objetivos específicos	26
1.3 Pressuposto	26
1.4 Justificativas da pesquisa	26
1.5 Escopo Metodológico da Pesquisa	28
1.6 Organização do Texto	29
2 INOVAÇÃO E TECNOLOGIA: UMA PERSPECTIVA TEÓRICA	31
2.1 Metodologia do Capítulo	31
2.2 O Enfoque da Inovação no Pensamento de Schumpeter	32
2.3 A Abordagem Neoschumpeteriana da Inovação	34
2.3.1 Tecnologia e inovação	35
2.3.2 Taxonomias da Inovações	36
2.3.3 Paradigmas e Trajetórias Tecnológicas	40
2.4 Aspectos comportamentais dos Agentes no Processo de Inovação	46
2.5 Os Principais Modelos de inovação	50
2.5.1 Modelo de inovação fechada e aberta	55
2.6 Sistema de Inovação e Tríplice Hélice	57
2.7 Tecnologias Microbianas: Aspectos Gerais	60
2.8 Conclusão do Capítulo	69
3 ATIVOS INTANGÍVEIS, DIREITO DE PROPRIEDADE E VALOR	59
3.1 Metodologia do Capítulo	60
3.2 Conceito e Características dos Ativos Intangíveis	61
3.2.1 Classificações dos ativos intangíveis	63
3.2.2 Influência dos ativos intangíveis no desempenho das empresas	65
3.3 Direito de Propriedade Intelectual	67
3.4 Noção Econômica de Valor	69
3.4.1 Diferença de valor e preço	74
3.5 Noção de Valor da Tecnologia	75
3.6 Conclusão do Capítulo	77
4 AVALIAÇÃO E VALORAÇÃO DE TECNOLOGIAS	78
4.1 Metodologia do Capítulo	80
4.2 Estrutura da Análise Bibliométrica	81
4.2.1 Etapas da análise bibliométrica	81
4.2.2 A base de dados bibliográfica para a pesquisa	83
4.2.3 Levantamento da coleção de estudos	83

4.2.4 Os critérios de inclusão e exclusão	84
4.2.5 Identificação e seleção dos dados	85
4.3 Resultados da Pesquisa	86
4.4 Avaliação de Tecnologia	95
4.4.1 Métodos de avaliação de tecnologias	97
4.5 Valoração de Tecnologia: Conceitos e Métodos	101
4.5.1 Métodos de valoração	102
4.5.1.1 Métodos de valoração baseados em custo	103
4.5.1.2 Métodos de valoração baseados em mercado	104
4.5.1.3 Métodos de valoração baseados em renda	105
4.5.1.4 Métodos de valoração baseados em opções	106
4.5.2 Métodos híbridos de valoração	108
4.6 Métodos Acadêmicos de Valoração	108
4.6.1 Principais métodos de valoração de tecnologia originadas em universidades	109
4.7 Transferência de Tecnologia entre Universidade e Empresa	116
4.7.1 Mecanismos de transferência de tecnologia	120
4.7.2 Licenciamento de tecnologias e <i>royalties</i>	121
4.7.3 Considerações sobre transferência de tecnologia no Brasil	123
4.8 Conclusão do Capítulo	125
5 ESTRUTURA DO MODELO DE VALORAÇÃO PROPOSTO	126
5.1 Metodologia do Capítulo	127
5.2 Referências para o Modelo Proposto	128
5.2.1 O Modelo de Park, Y. e Park, G. (2004)	129
5.2.2 O modelo de valoração de Oliveira (2020)	132
5.3 Características do Modelo	133
5.3.1 Diferenças do Modelo de Oliveira	134
5.4 Características do Modelo Proposto	134
5.5 Etapas da Análise Qualitativa da Tecnologia	135
5.5.1 Identificação e categorização dos fatores condicionantes do valor da tecnologia	136
5.5.2 Coleta de informações e respectivas fontes	141
5.5.3 Definição e construção da ferramenta para avaliação qualitativa da tecnologia	142
5.5.4 Seleção de especialistas para avaliação dos fatores	143
5.5.5 Elaboração de planilha para o registro das avaliações dos especialistas	143
5.5.6 Preparação para a coleta de dados	143
5.5.7 Realização da avaliação pelos especialistas gestores	143
5.6 Etapas da Valoração Monetária	144
5.6.1 Análise dos fatores	145
5.6.1.1 Cálculo dos pesos	145
5.6.1.2 Pontuação dos fatores	145

5.6.2	Construção de planilha eletrônica	149
5.6.3	Estimativa da produção	149
5.6.4	Estimativa do fluxo de geração da receita	149
5.6.5	Cálculo da taxa <i>Up Front</i>	150
5.6.6	Cálculo do valor da tecnologia	150
5.6.7	Cálculo da taxa de <i>royalties</i>	150
5.7	Conclusão do Capítulo	151
6	AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA SELECIONADA PARA O ESTUDO	151
6.1	Metodologia do Capítulo	152
6.2	Tecnologias MEOR	153
6.2.1	Recuperação de petróleo: uma síntese	153
6.3	Aspectos Gerais sobre a MEOR	154
6.3.1	Aspectos econômicos da MEOR	155
6.4	Caracterização da Tecnologia Seleccionada para Valoração	157
6.5	Os Fatores Relevantes para a Valoração de Tecnologia	160
6.5.1	Grau de Inovação	161
6.5.2	Mercado da tecnologia	162
6.5.3	Capacidade técnica, científica e empreendedora	163
6.6	O Método Multicritério Processo Hierárquico Analítico (AHP)	165
6.6.1	Modelagem do Método AHP	168
6.7	Aplicação do Método AHP para a Análise da Tecnologia MEOR Seleccionada	172
6.8	Conclusão do Capítulo	179
7	VALORAÇÃO MONETÁRIA DA TECNOLOGIA MEOR SELECIONADA	180
7.1	Metodologia do Capítulo	180
7.2	Análise dos Fatores	182
7.2.1	Cálculo dos pesos	182
7.2.2	Pontuação e cálculo do grau de desenvolvimento da MEOR202 e SXG-BA2021	182
7.2.3	Estudo da correlação e regressão	186
7.3	Viabilidade Financeira da Recuperação Avançada de Petróleo com e sem MEOR	188
7.4	Cálculo do Valor Monetário da Tecnologia MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021	190
7.5	Conclusão do Capítulo	196
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	197
	REFERÊNCIAS	201
	APÊNDICE A - Resumo dos Currículos dos Especialistas	235
	APÊNDICE B – Análise de Viabilidade Econômica EOR com e sem MEOR	237
	APÊNDICE C – Análise do Fator Grau de Inovação	238
	APÊNDICE D - Análise do Fator Capacidade Técnica, Científica e Empreendedora	239
	APÊNDICE E – Análise do Fator Mercado	
	ANEXO A – Taxas máximas de royalties para a Indústria no Brasil	

1 INTRODUÇÃO

A energia é um fator fundamental para o desenvolvimento econômico e bem-estar em qualquer região, cuja demanda mundial vem crescendo em ritmo acelerado para atender às necessidades de crescimento da população, melhorar seu padrão de vida e manter o crescimento vigoroso de novas economias (Zhang; Gao; Xue, 2020).

Dentre as diferentes fontes de energia conhecidas com finalidade industrial, o petróleo é o mais explorado no mundo, com participação significativa no Produto Interno Bruto (PIB) (Mata; Santos, 2016) e na geração de divisas para as economias de países como os Estados Unidos, a Arábia Saudita e o Brasil. O petróleo destaca-se em volumes de oferta e de demanda no mercado mundial em comparação com outras fontes energéticas, sobretudo as renováveis (IEA, 2021). Outra contribuição do setor consiste em sua elevada capacidade de geração de empregos, de receitas de exportação e vendas internas, e de arrecadação tributária municipal, estadual e federal (IEA, 20121; IBP, 2022).

O petróleo é um combustível fóssil com muitas utilidades e aplicações, seja como na forma de combustível, seja como matéria-prima para a produção de diversos produtos como solventes, plásticos e cosméticos (Martins *et al.*, 2015).

O relatório *Review of World Energy* (IEA, 2021) aponta para um crescimento da demanda mundial de petróleo. Esse comportamento do consumo prevalece desde 1950, exceto em períodos de crises, como em 2020, devido à pandemia Covid-19 (BP, 2021). Portanto, a disponibilidade de hidrocarbonetos somada à demanda crescente por energia contribui para a manutenção do petróleo como uma fonte de energia não renovável crucial para o mundo.

Os dados observados para 2020 mostram diminuição de 4,5% no consumo de energia primária devido às restrições causadas pela pandemia da Covid-19; quanto ao petróleo, indicam 9,2% de diminuição de consumo. Contudo, é possível afirmar que tais dados não invalidam a previsão de aumento da demanda superior a 21 milhões de barris por dia (md^{-1}) no período 2013 a 2040 e de 111,1 md^{-1} no ano 2040 (OPEC, 2014).

No contexto da transição energética, o IBP (2022) ressalta que o setor brasileiro de petróleo e gás natural apresenta vantagens competitivas por ter uma posição estratégica na indústria global pela sua participação acima de 40% das energias renováveis em sua matriz energética. O IBP (2022) afirma também que durante o processo de transição para energias renováveis, o petróleo e o gás natural continuarão indispensáveis para assegurar a oferta de energia e bem-estar da população.

Na matriz energética brasileira, o petróleo responde por 38,4% do consumo de energia primária e supera o consumo de hidroelétrica (29,3%) e das fontes renováveis (16,7%) (BP,

2021). Em 2020, o Brasil ocupou a 9ª posição no *ranking* mundial da produção de petróleo, após o acréscimo de 5,2% no volume de óleo produzido, com o total de 3 milhões de barris/dia (3,4% do total mundial) (ANP, 2021).

Ainda no que tange à importância do petróleo na matriz energética mundial, a ANP (2021, p. 28) afirma que as reservas provadas no mundo alcançaram cerca de 1,7 trilhão de barris em 2020, mantendo-se praticamente no nível de 2019, com uma pequena queda de 0,1%. Desse total, a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) detém 1,2 trilhão de barris (70,2%), embora tenha mantido o volume que alcançou em 2019. O Oriente Médio possui a segunda maior parte das reservas provadas, com 835,9 bilhões de barris, o que corresponde a 48,3% do total mundial, mantendo-se em 2020 relativamente ao ano anterior.

Por outro lado, naquele ano ocorreram quedas das reservas em outras regiões, como América do Norte (0,1%), Europa (4%), Américas Central e do Sul (0,2%) e região Ásia-Pacífico (0,4%). Apenas a África manteve suas reservas. Quanto aos países, a ANP (2021, p. 28) destaca a Venezuela como o detentor mundial do maior volume de reservas petrolíferas, com 303,8 bilhões de barris (17,5%), mantendo-se nessa posição desde 2010, quando ultrapassou a Arábia Saudita. O Brasil permaneceu na 16ª posição no *ranking* mundial de reservas provadas de petróleo, com o volume de 11,9 bilhões de barris, queda de 6,2% em relação ao ano anterior (ANP, 2021).

Todavia, o setor petrolífero enfrenta dois desafios importantes em toda sua cadeia de suprimento, mas principalmente no tocante às atividades de exploração do óleo bruto, foco desta tese. O primeiro é a melhoria dos índices de contaminação do meio ambiente oriunda da emissão de CO₂ e descarte de resíduos. O setor foi responsável, durante o ano 2018, por 40% da emissão de CO₂ (IEA, 2020, p. 5). Apenas uma parte das empresas tem avançado na redução das suas emissões de CO₂ durante o processo produtivo, enquanto outras desaceleraram o seu desempenho (IEA, 2020; Downs, 2021).

Segundo Shibulal *et al.* (2014, p. 1), a queda relativa da produção de petróleo em muitos países está relacionada à maturidade dos campos – como o do Mar do Norte – à crescente demanda por energia causada pelo crescimento da população global e à dificuldade para se descobrirem novas reservas.

O segundo desafio importante é a melhoria da produtividade. A reposição de reservas provadas de petróleo sempre foi um aspecto essencial para a indústria de petróleo e gás, uma vez que em contraste com o aumento contínuo da procura, as descobertas de reservas declinam desde a primeira metade da década de 1960. Uma solução para esse problema seria

aumentar as atividades de exploração e promover avanços tecnológicos (Ozkan, 2013; Shibulal *et al.*, 2014, p. 1),

Nesse sentido, a Recuperação Avançada de Petróleo (MEOR) contribui para o aumento da produção de petróleo por meio do aproveitamento de campos maduros ou marginais economicamente viáveis. A recuperação de petróleo compreende o processo de captação do óleo retido nos poros da rocha-reservatório e seu deslocamento até a superfície, utilizando um método tecnológico específico. Durante o ciclo de vida de um reservatório, a recuperação de petróleo pode ser primária, secundária e avançada. A recuperação primária, considerada o início do ciclo, consiste na produção aproximada de 5% do óleo retido com a ação da energia natural (pressão) do reservatório.

O preço do petróleo influencia a economia global que, por sua vez, impacta os planos de negócios das empresas de petróleo e gás e na intensidade das atividades de exploração. Entretanto, é pouco provável existir correlação direta entre o preço do petróleo e a descoberta de novas reservas, bem como entre a oferta ou a demanda de petróleo e as novas descobertas e o preço do petróleo (Ozkan, 2013).

Ozkan (2013) conclui que essas estatísticas apontam para uma questão complexa entre a exploração e a inovação tecnológica. Devido à escassez de petróleo, as novas descobertas como solução dependem tanto de elevados investimentos de exploração em ambientes de maior risco como da utilização de tecnologias novas e mais complexas.

Os métodos *Microbial Enhanced Oil Recovery* – MEOR (Tecnologias Microbianas para Recuperação Avançada de Petróleo) referem-se a tecnologias em que microrganismos, sua atividade ou seus subprodutos aumentam a recuperação de óleo por meio de formações de emulsões óleo-água estáveis, tensão interfacial reduzida ou *bio-plugging*, desviando os fluidos de injeção por intermédio de varredura ascendente. MEOR é um método terciário de recuperação de petróleo que utiliza microrganismos *ex-situ* ou *in-situ* seus metabólicos-biopolímeros, biosurfactantes, bioenzimas, biogases, solventes e ácidos biogênicos - para mobilizar o petróleo residual nos reservatórios maduros e marginais. O processo consiste na modificação das características do óleo, prolonga a vida útil dos poços e sustenta sua viabilidade econômica (Patel *et al.*, 2015; Zhang; Gaio; Xue, 2020; Niu *et al.*, 2020).

1.1 O Problema de Pesquisa

As tecnologias MEOR requerem das empresas capacitações tecnológicas e organizacionais mais complexas. O regime tecnológico do setor tende a passar por mudanças

à medida que se testam alternativas às tecnologias dominantes de recuperação de petróleo – químicas, térmicas e missíveis.

Diante do exposto, destaca-se que os métodos microbianos para recuperação avançada de petróleo são considerados uma oportunidade tecnológica para a indústria petrolífera atender à demanda de petróleo em um ambiente regido por legislações ambientais e pressão econômica e técnica (Quraishi *et al.*, 2021) pelo potencial de eficiência produtiva e diminuição de impacto ecológico negativo. Acerca dessas vantagens, Quraishi *et al.* (2021) salientam que os microrganismos podem produzir produtos úteis, biodegradáveis e menos poluentes com a ajuda de substratos ou matérias-primas de baixo custo, comparada à recuperação de petróleo quimicamente aprimorada (CEOR), considerada principalmente uma tecnologia de custo intensivo e não ecossustentável. A MEOR é considerada potencial na recuperação de até 50% do óleo residual (Shibulal *et al.*, 2014; Geetha; Banat; Joshi, 2018; Zhang; Gao; Xue, 2020) e pode aumentar o Fator de Recuperação (FR).

Existem diferentes tecnologias MEOR desenvolvidas em vários países, as quais resultam de pesquisas e inovações cujo propósito é achar soluções biotecnológicas mais eficientes, mais rentáveis e menos poluentes. A consulta à literatura esclarece que ainda é pouco provável a descoberta de uma solução única ou para múltiplas aplicações adequadas a diferentes litologias de reservatórios e tipos de óleo, sejam pesados, semipesados ou leves. Cada tecnologia MEOR é específica de acordo com o tipo de microrganismo, reservatório e petróleo (Zhang; Gao; Xue, 2020; Quraishi *et al.*, 2021).

O conceito de inovação que melhor pode interpretar a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em MEOR vem da teoria econômica de perspectiva neoschumpeteriana, expressa por Dosi (1988a) como um processo de busca, descoberta, experimentação, desenvolvimento, imitação e adoção de novos produtos, novos processos produtivos e novos sistemas organizacionais. Os processos de inovação, em geral, são complexos e incertos, especialmente quando se trata de tecnologias MEOR. Segundo Ferreira *et al.* (2020), o desenvolvimento de novas tecnologias requer se conhecer os aspectos técnicos do invento, as incertezas, a viabilidade econômico-financeira do projeto e o potencial de comercialização.

As principais características dos métodos MEOR são o potencial para promover a modernização e a melhoria da produtividade da cadeia produtiva do setor petrolífero, estimular a bioeconomia, agregar valor às matérias-primas agroecológicas, agroflorestal e algumas biomassas orgânicas disponíveis, como a glicerina bruta (Ramos-de-Souza *et al.*, 2022).

A MEOR é uma tecnologia complexa, capaz de estimular o aumento da produtividade do campo petrolífero, de baixo custo, e que atrai muita atenção diante das vantagens a respeito do meio ambiente (Wu *et al.*, 2022); é importante e um dos desafios desta pesquisa é avaliar o seu valor monetário.

O valor das tecnologias MEOR está associado a riscos e incertezas. As incertezas se referem a quesitos técnicos; à capacidade dos microrganismos nativos ou injetados de degradar o óleo pesado e/ou sintetizar produtos benéficos para auxiliar o deslocamento do óleo (Patel *et al.*, 2015); e às características dos reservatórios e do óleo. Quraishi *et al.* (2021) reconhece a importância da tecnologia MEOR para as organizações que procuram um novo meio de aumentar seus retornos sobre os investimentos mais antigos. Ao mesmo tempo, o autor chama atenção para incertezas associadas importantes: (a) nem todos os microrganismos indígenas podem garantir a recuperação do petróleo. A aplicação do conhecimento microbiano às reservas de petróleo por meio de projetos de engenharia de reservatórios é muitas vezes considerada incerta, em razão da falta de compreensão do mecanismo da atividade microbiana.

O valor da MEOR deve ser percebido com clareza, tanto por empresas que pretendam introduzi-la em seu sistema produtivo, quanto por consumidores de derivados do petróleo, aos quais não pagam diretamente pelo seu uso. Nesse sentido, o presente projeto de tese aponta a necessidade de valoração monetária de tais tecnologias. Essa é uma forma de reconhecer que os benefícios gerados pela MEOR sejam apropriados pela população, na forma de benefícios sociais. No entanto, os métodos encontrados na literatura para a valoração da tecnologia são sujeitos a algum tipo de desvantagem estabelecida por limitação conceitual, objetivo da valoração e estrutura matemática do método, por exemplo.

A presente pesquisa visa apresentar um método de valoração capaz de quantificar a magnitude de influências externas, expressas por custos ou benefícios, geradas por incertezas relativas ao reservatório no qual a MEOR possa ser aplicada, à capacidade dos microrganismos agirem. Neste estudo, pretende-se: (a) simular um modelo de reservatório maduro no qual seja retido determinado volume de um tipo de óleo e (b) assumir como variável de eficiência o FR médio e vazão. Outro critério a ser considerado na escolha da abordagem de valoração é a disponibilidade de dados. A ausência de dados consistentes pode inviabilizar o uso da abordagem de valoração escolhida.

Os fundamentos teóricos e práticos do método MEOR encontram-se nas investigações científicas do microbiologista Beckman (1926), os quais resultaram na descoberta da capacidade de bactérias reduzirem a viscosidade de óleos; tal achado ganhou importância –

após 20 anos de esquecimento – ganhou importância similar às pesquisas realizadas por Zobell (1946) e seus colaboradores, por meio de experimentos em laboratórios acadêmicos. Brown (2010) aponta como resultado a existência de mais de 400 patentes.

As tecnologias MEOR resultam de várias e sucessivas inovações incrementais realizadas em vários países em busca do seu aprimoramento técnico e econômico, em vista de melhor eficiência técnica, produtividade, redução de custos e de redução tendente a zero de impacto ambiental negativo. Na condição de ativos intangíveis, a MEOR pode contribuir para o crescimento das empresas.

A abordagem aqui proposta envolve a mensuração de um valor de referência para embasar possível negociação de transferência da tecnologia de universidade para empresas. Segundo Kim *et al.* (2019), é difícil a definição do valor de tecnologias em estágios iniciais de desenvolvimento oriundas de universidades, devido ao elevado grau de incerteza quanto à realização da sua transferência para o setor produtivo.

Diante disso, esta pesquisa se propõe a responder a seguinte pergunta: *Como valorar tecnologias MEOR desenvolvidas no âmbito de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) de universidades públicas de países em desenvolvimento e emergentes, com vistas à transferência para empresas do setor?*

1.2 Objetivos da Pesquisa

1.6.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é propor e aplicar um modelo híbrido de valoração monetária de tecnologias Microbianas para Recuperação Avançada de Petróleo (MEOR).

1.6.2 Objetivos específicos

- a) identificar os fatores mais relevantes que influenciam a valoração da tecnologia;
- b) determinar o grau de maturidade da tecnologia comparativamente com a escala TRL;
- c) adequar o modelo proposto que leva em consideração o nível de desenvolvimento da tecnologia em questão;
- d) aplicar o modelo para analisar e mensurar o valor monetário de uma tecnologia MEOR com o uso do modelo de valoração.

1.7 Pressuposto

Pressupõe-se que a valoração de tecnologias MEOR desenvolvidas em universidade pública no Brasil pode ocorrer em qualquer uma das fases do seu ciclo de desenvolvimento e supõe-se ser o mais recomendado, principalmente por envolver incertezas e riscos técnicos e econômicos. Não obstante, as características técnicas e de mercado da tecnologia, bem como o seu nível de desenvolvimento, impactam o valor monetário da MEOR.

1.8 Justificativas da Pesquisa

Esta tese relaciona-se com a área de concentração *Modelagem da Geração e Difusão do Conhecimento* do Programa de Pós-Graduação em Difusão do Conhecimento (PPGDC) e dialoga com a perspectiva teórica da Economia da Inovação, da importância e do papel dos ativos intangíveis no desempenho das empresas, da contribuição das Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT) – em especial as universidades – para a produção de conhecimento científico gerador de tecnologia e inovação.

No período 1981-2018 verifica-se o registro de 208 patentes de tecnologias MEOR, a maior parte na Europa e na América do Norte. Na Ásia, a China se destaca com maior participação.

Segundo Park, G. e Park, Y. (2004), as demandas sociais para avaliar as tecnologias é crescente. Ao governo interessa a avaliação tecnológica ao implementar suas políticas, como subsídios e financiamento para P&D e programas de transferência de tecnologia. Ao setor privado interessa os métodos sistemáticos de avaliação para tomar decisões de investimento, licenciamento e aliança estratégica.

A literatura aponta que a tecnologia MEOR vem sendo aplicada em campos petrolíferos da Europa, da Ásia, da África e das Américas. Entre 1986 e 2016, pelo menos 29 países aplicaram a tecnologia (Lazar, 1991; Patel *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2020).

Alguns países, como China e Estados Unidos – em que empresas e instituições públicas se dedicam a pesquisas – concentram a maioria das aplicações. Na China, a MEOR fora aplicada em mais de 4.600 poços (She *et al.*, 2019), enquanto a Arábia Saudita, Egito, Kuwait, Qatar, Emirados Árabes Unidos, Iraque e Síria testaram a MEOR em aproximadamente 300 campos (Al-Salim; Kelechukwu, 2012). Nos Estados Unidos, 78% dos 322 projetos resultaram em aumento de recuperação de óleo (Yernazarova *et al.*, 2016).

Outra referência concernente à relevância da tecnologia MEOR é o crescimento do número de publicações científicas. Um levantamento em bases de dados *Scopus*, *Web of*

Science (WoS) e *Science Direct (SD)* revelou que entre 1983 e 2022 foram publicados 417 artigos científicos em periódicos internacionais; desses, 142 abordam a aplicação da tecnologia em campos petrolíferos.

Os métodos de recuperação de petróleo por agentes microbiológicos são alvos de inúmeras P&D em vários países para o seu aprimoramento tecnológico, cujos produtos e resultados esperados podem estar relacionados a ganhos econômicos futuros, descontadas as incertezas externas à tecnologia, oriundas de características dos reservatórios nos quais o óleo a ser recuperado está retido.

As vantagens ambientais dos métodos MEOR consistem em mais uma razão para o estudo proposto, considerando-se os esforços mundiais da sociedade para solucionar os problemas de poluição e emissão de carbono na atmosfera e outros tipos de resíduos prejudiciais.

Por último, vale ressaltar a constatação de que, como resultado da revisão da literatura apresentada no Capítulo 4, não existe trabalhos sobre valoração de tecnologias MEOR.

1.9 Escopo Metodológico da Pesquisa

Esta seção faz uma apresentação geral da fundamentação epistemológica e metodológica que norteia a pesquisa, cujo caráter é multidisciplinar e envolve Economia, Administração, Finanças, Engenharia de petróleo e Microbiologia.

O método de abordagem desta pesquisa é o dedutivo; segundo Marconi e Lakatos (2022), consiste na construção de estruturas lógicas, por meio do relacionamento entre antecedente e consequente, entre hipótese e tese, entre premissas e conclusão.

O objeto de estudo são as complexas relações estruturais entre os aspectos técnicos e de mercado que emergem do processo de inovação e difusão da tecnologia MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021, desenvolvida por demanda da empresa Petrogal Brasil, no laboratório do Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente (Cienam) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), em parceria com o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) e o Instituto Superior de Petróleo e Gás (ISPG). Para as análises, utilizou-se a estratégia do estudo de caso único.

A pesquisa é realizada por meio de métodos mistos para a triangulação dos dados qualitativos – obtidos em fontes bibliográficas, documentais e por meio de consultas a especialistas; e quantitativos – obtidos com a análise documental e bibliográfica, com o objetivo de diminuição de fragilidades.

Na prática, a valoração será feita em duas grandes fases: a primeira refere-se à avaliação qualitativa e à mensuração quantitativa do valor monetário da tecnologia. A avaliação qualitativa visa identificar o nível de desenvolvimento da tecnologia e consiste em processar, analisar e converter o julgamento dos especialistas em pontuações que classificam a influência do potencial técnico, do potencial mercadológico e da capacidade da equipe de desenvolvedores sobre o valor da tecnologia. Para isso, utiliza-se o método de decisão multicritério *Analytic Hierarchy Process* - AHP (Método de Análise Hierárquica) e técnica de correlação e regressão linear para compreensão da normalidade da série de dados. A mensuração dos aspectos quantitativos inclui o estudo de viabilidade econômica a partir de dados reais de produção de petróleo e dos custos e receitas associados de um campo maduro no Brasil e a mensuração dos valores da tecnologia, a taxa de acesso (*up front*) e a taxa de *royalty*, respectivamente para a comercialização, cessão e licenciamento.

A partir de uma variedade de informações oriundas de consultas a *experts* no tema e fontes bibliográficas, incluídos observação direta, documentos, legislações e dados secundários obtidos em teses, dissertações, artigos e livros; a elaboração e aplicação do Método de Valoração será feita para uma tecnologia MEOR, desenvolvida em ICT. Por isso, faz-se uso de Estudo de Caso único, como prescreve Yin (2010, p. 22) para responder à pergunta de pesquisa.

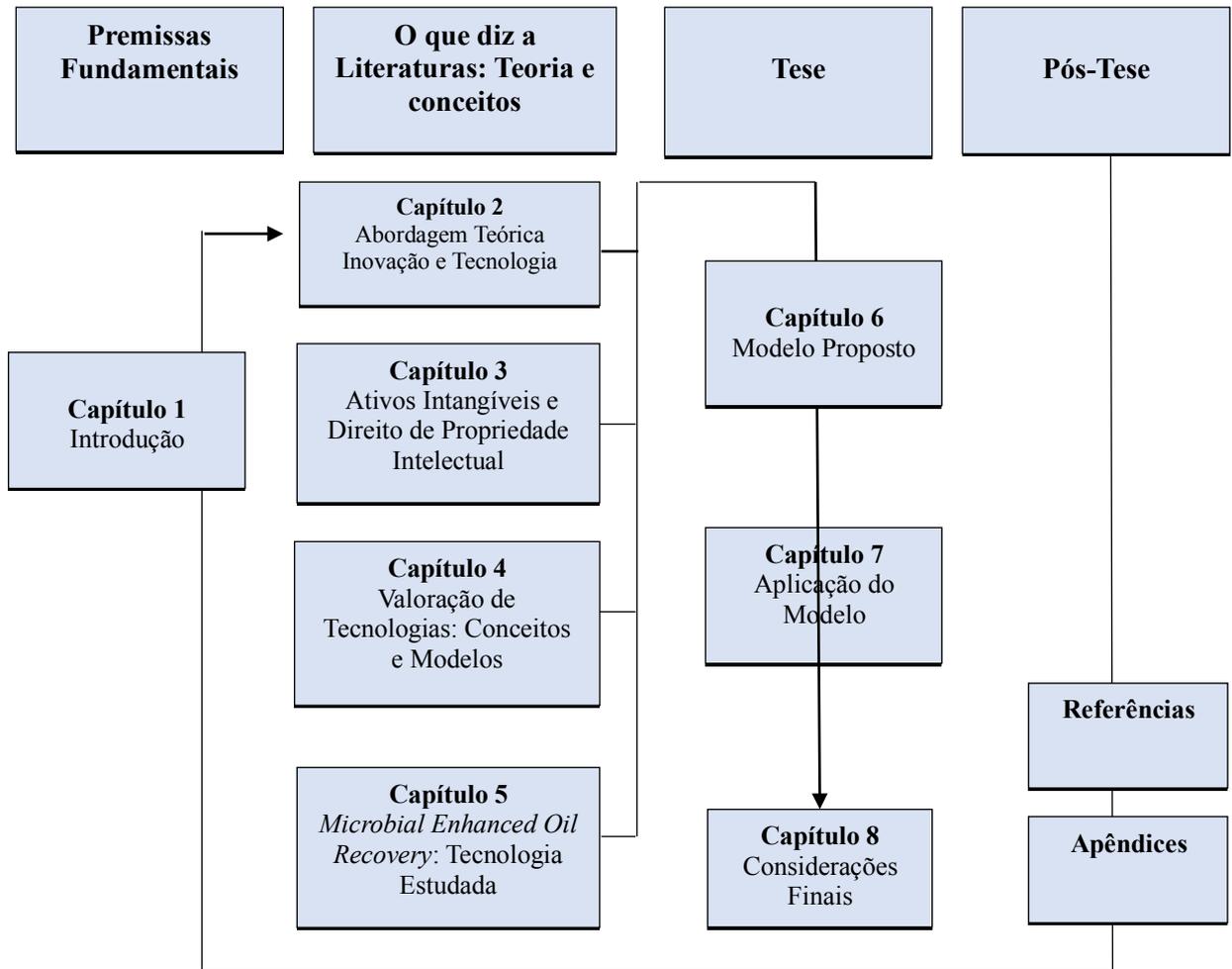
Para facilitar o entendimento do uso de cada ferramenta metodológica, em cada capítulo descrevem-se as metodologias utilizadas de acordo com seus objetivos e necessidades específicas. No que diz respeito às ferramentas de análise, opta-se por construir planilhas eletrônicas no *software* MS Excel® (em extensão ‘xlsx’), versão 16.28, Microsoft Corp. – O primeiro módulo para a modelagem do AHP, com a finalidade de analisar os fatores; o segundo para a valoração monetária; e o terceiro para a modelagem das estatísticas de correlação e regressão e da viabilidade econômica.

1.10 Organização do Texto

O texto está dividido em oito capítulos e suas seções e subseções, bloco das referências, cinco apêndices e um anexo, descritos após a Figura 1.

O **Capítulo 1** introduz o tema e seu contexto, apresenta o problema que se pretende responder, os objetivos, pressupostos e justificativas para a realização da pesquisa e a estrutura do texto.

Figura 1 - Esquema da estrutura da tese



Fonte: elaboração do autor.

O **Capítulo 2**, Inovação e Tecnologia, aborda a fundamentação teórica da pesquisa, cujo foco são as relações entre processo de inovação e tecnologia na perspectiva econômica do pensamento neoschumpeteriano. Especificamente serão discutidos os seguintes tópicos: conceitos e classificação de inovação, modelos de inovação, sistema de inovação, aprendizagem tecnológica e o conceito de tecnologia.

O **Capítulo 3**, Ativos Intangíveis e Valor, apresenta uma revisão da literatura de base conceitual visando relacionar a economia da intangibilidade e valoração de ativos intangíveis em geral no contexto de transferência de tecnologia.

O **Capítulo 4**, Avaliação e Valoração de Tecnologia: Conceitos e Métodos, consiste em uma bibliométrica para identificar e descrever os métodos de análise qualitativa e valoração monetária de ativos intangíveis em geral e de tecnologias em particular.

O **Capítulo 5**, Estrutura do Modelo Proposto, descreve a estrutura e etapas do modelo de valoração elaborado para auxiliar a mensuração do valor da tecnologia.

O **Capítulo 6** apresenta uma análise qualitativa da Tecnologia MEOR, com o uso da técnica de Estudo de Caso único (Yin, 2010), e o método de multicritério de decisão AHP.

O **Capítulo 7**, Valoração Monetária da Tecnologia, apresenta a aplicação do modelo proposto à tecnologia MEOR, os resultados obtidos do valor *up front*, valor da tecnologia e taxa de *royalties*.

O **Capítulo 8**, Considerações Finais, encerra o trabalho, com destaque para as principais conclusões da pesquisa, limitações e sugestões para novas pesquisas.

2 INOVAÇÃO E TECNOLOGIA: UMA PERSPECTIVA TEÓRICA

No campo da teoria econômica, as abordagens sobre a inovação perpassam todas as correntes, a começar pela escola clássica. Durante a segunda década do século XX, essas abordagens evoluíram muito com a variedade de questões incorporadas à temática. Para Freeman (1994, p. 1), existe um paradoxo na teoria econômica devido ao contraste entre o consenso que considera a mudança tecnológica a causa mais importante da dinâmica econômica capitalista e sua relativa negligência na maior parte da literatura neoclássica convencional, contrariando a realidade da economia mundial.

A inovação é multidimensional, complexa e marcada por incertezas técnicas e de mercado. Essas características interferem diretamente nos resultados econômicos da tecnologia e a sua mensuração, em particular no valor.

2.1 Metodologia do Capítulo

O objetivo deste capítulo é apresentar o marco teórico da tese capaz de embasar a proposta de um modelo de valoração de tecnologias MEOR. As práticas, o comportamento e as respectivas trajetórias adotadas pelas empresas do setor petrolífero estão associados a alguns elementos abordados no campo da Economia da Inovação na perspectiva neoschumpeteriana.

Trata-se de uma revisão da literatura, com foco no estado da arte, com o objetivo de estabelecer conceitos, pressupostos e relações entre categorias fundamentais. Nesse sentido, a pesquisa contida neste capítulo é bibliográfica, com base na discussão de um conjunto de dados obtidos em artigos e livros disponíveis e adequados à abordagem neoschumpeteriana da inovação e seus desdobramentos. Quanto aos objetivos, a pesquisa é exploratória e busca levantar informações acerca do objeto de estudo e, portanto, delimitar o seu campo de influência e mapear como a inovação se manifesta (Gil, 2010).

Para a discussão, recorre-se a autores clássicos e aos mais recentes na literatura econômica que trata da relação entre inovação e tecnologia no contexto de sistema de inovação.

A pesquisa tem natureza qualitativa, com o propósito de entender a complexidade do objeto de estudo. Para Minayo (2001, p. 14), a pesquisa qualitativa “trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis”.

O Quadro 1 resume os procedimentos metodológicos acima expostos.

Quadro 1- Caracterização da pesquisa

Características metodológicas da pesquisa		Referência
Natureza da Pesquisa	Pesquisa bibliográfica	Gil (2010)
Técnica de pesquisa	Revisão sistemática da Literatura	Donthu <i>et al.</i> (2021)
Natureza da pesquisa	Exploratória e descritiva	Gil (2010)
Técnica de coleta de dados	Busca em bases de dados <i>Scopus</i> , <i>Web of Science</i> , <i>Scielo</i> , Catálogo de Teses e Dissertações, disponíveis no Portal da CAPES, e Google Scholar.	Donthu <i>et al.</i> (2021)
Técnica de análise de dados	Análise de conteúdo por categorias (temas).	Bardin (2011)

Fonte: elaboração do autor.

O capítulo está organizado em três seções: A metodologia da pesquisa (2.1), o enfoque da inovação no pensamento de Schumpeter (2.2), a abordagem neoschumpeteriana da inovação (2.3), aspectos comportamentais dos agentes no processo de inovação (2.4), os principais modelos de inovação (2.5), sistemas de inovação e tríplice hélice (2.6), tecnologias microbianas: aspectos gerais (2.7), e conclusão do capítulo (2.8).

2.2 O Enfoque da Inovação no Pensamento de Schumpeter

Em suas obras, Schumpeter (1996) descreve a anatomia da inovação e como a sua relação no sistema econômico com o agente inovador e o crédito bancário suscita a dinâmica capitalista. Segundo o autor, a inovação provoca uma série de mudanças tecnológicas, culturais e estruturais na economia e são difundidas por intermédio de novos processos e produtos, ao tempo em que altera os hábitos e os costumes sociais institucionalizados em toda a sociedade.

Inovar consiste em produzir coisas novas ou as mesmas coisas de diferentes maneiras, realizar novas combinações mais eficientes dos recursos de produção. Tais combinações englobam cinco aspectos: (a) a introdução de um novo bem ou de uma nova qualidade de um bem existente, (b) a introdução de um novo método de produção, a abertura de um novo mercado, (c) a conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou de bens intermediários, e (d) o surgimento de uma nova organização de qualquer indústria (Schumpeter, 1996, p. 76).

Conforme Schumpeter (1996), as inovações tecnológicas provocam uma ruptura no sistema econômico, deslocando-o do estado de equilíbrio estacionário para um processo dinâmico de mudança contínua. As inovações alteram os padrões de produção e suscita

diferenciação para as empresas. A introdução de inovações gera um processo de mudança industrial contínua e irreversível que “incessantemente revoluciona a estrutura econômica de dentro para fora, destruindo incessantemente a antiga, criando incessantemente a nova”. (Schumpeter, 1996, p. 120).

No interior das firmas, os responsáveis pelo processo de inovação são os empresários, assim considerados “quando efetivamente levar a cabo novas combinações”, e perdem esse caráter tão logo concluem a criação do seu negócio e passem a se dedicar a dirigi-lo (Schumpeter, 1996, p. 86). Ao contrário do que observou na economia dos Estados Unidos no início do século XX, Schumpeter (1996) afirma que nas grandes empresas a inovação se tornou burocratizada, com departamentos de P&D organizados e especializados que desempenhavam papel cada vez mais importante no processo inovador.

Portanto, além do inovador individual, de acordo com Schumpeter (1996) outros agentes também podem ser responsáveis por introduzir inovação no sistema econômico, com destaque para os laboratórios de P&D das grandes corporações e órgãos governamentais.

Schumpeter (1996) afirma que as inovações no sistema econômico raramente surgem a partir da demanda espontânea dos consumidores conforme suas novas necessidades. O produtor geralmente inicia a mudança econômica e os consumidores são ensinados a querer coisas novas, diferentes daquelas que tinham o hábito de usar.

Quanto à intensidade da inovação, as grandes corporações inovam mais do que as firmas menores porque possuem recursos próprios para financiarem suas atividades em P&D. Além disso, as empresas maiores e diversificadas podem explorar melhor os resultados incertos de P&D (Schumpeter, 2017).

Schumpeter (1996) diferencia invenção, inovação e difusão. A invenção consiste em ideias de algo novo com potencial para a exploração comercial e como tal são consideradas sem relevância econômica. A inovação se refere à aplicação prática da invenção, explorada comercialmente. A difusão é a propagação da inovação em todo o sistema econômico por meio do mercado, isto é, do mecanismo de concorrência entre as empresas.

A abordagem dinâmica e evolucionária de Schumpeter (1996) permite concluir que a principal finalidade das empresas inovarem é a obtenção de lucros extraordinários e de vantagem competitiva no processo de concorrência e rejeita a concepção neoclássica de equilíbrio estático da economia. Em sua visão, a economia capitalista está em contínuo desequilíbrio causado pelas inovações, que considera como o propulsor do desenvolvimento econômico. As inovações induzem a dinâmica e a evolução das economias capitalistas por

meio do “surgimento de firmas, indústrias, setores, produtos e serviços novos, capazes de caracterizar o padrão de crescimento de um período” (Conceição e Faria, 2003, p. 224).

2.3 A Abordagem Neoschumpeteriana da Inovação

A perspectiva chamada neoschumpeteriana foi desenvolvida a partir do final da década de 1970, em reação às respostas insatisfatórias da teoria neoclássica com problemas decorrentes das profundas mudanças ocorridas na economia capitalista desde aquela época. Baseados nas ideias de Schumpeter (1996), os neoschumpeterianos aprofundam a discussão do papel das inovações no sistema econômico capitalista sob enfoque de cunho evolucionário.

A construção da abordagem neoschumpeteriana foi iniciada a partir de um conjunto de trabalhos pioneiros, contendo teoria e realidade empírica, publicados principalmente entre o final da década de 1970 e a primeira metade da década de 1990. Os principais autores dessa linha de pesquisa são Sidney Winter (1977), Richard R. Nelson (1982), Natan Rosenberg (1982), Carlota Perez (1983, 1988), Christopher Freeman (1987) e Giovanni Dosi (1982, 1988a, 1988b).

A retomada das contribuições de Schumpeter (1996) ocorreu em um contexto da economia capitalista mundial, que passava pela crise do modelo de inovação organizacional fordista-taylorista e pela primeira crise do petróleo, além do surgimento do conhecido Paradigma das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). Nessa perspectiva, o desenvolvimento econômico é caracterizado pela coevolução das tecnologias e instituições (Nelson; Winter, 1982).

Os neoschumpeterianos integraram às suas análises muitos argumentos trazidos da Biologia, em especial da teoria da evolução de Charles Darwin, para a compreensão do caráter evolutivo do desenvolvimento da economia capitalista em geral e do processo de mudança tecnológica e mantiveram as concepções trazidas da Sociologia, da História e da Ciência Política, por Schumpeter (1996).

A indústria petrolífera é um setor intensivo em alta tecnologia, dinâmico e que envolve também riscos e incertezas elevados. Os autores neoschumpeterianos enfatizam alguns aspectos que estão presentes tanto nas empresas do setor (comportamento estratégico, trajetória adotada e aprendizado) quanto nas tecnologias de recuperação avançada de petróleo (MEOR).

A perspectiva neoschumpeteriana comporta diferentes enfoques, a começar pela teoria do crescimento da firma, de Penrose (2006). A autora analisa em sua tese a geração de

inovações de acordo com os recursos e competências internas da firma, sua atividade inovativa sob o enfoque endógeno e a apresenta como uma organização administrativa por pessoas, a qual reúne recursos para realizar a sua função básica, isto é, fornecer bens e serviços ao mercado. O tamanho que a firma pode alcançar depende da sua capacidade interna de explorar habilidades e conhecimentos e de inovar. O crescimento e desempenho da firma resultam de uma base tecnológica associada diretamente ao espírito empreendedor inerente a cada firma.

Assim como Schumpeter (1996), os autores neoschumpeterianos rejeitam as hipóteses neoclássicas de concorrência perfeita e de equilíbrio estático e se apoiam em características reais do ambiente econômico, principalmente os pressupostos da racionalidade limitada dos indivíduos, incerteza e maximização. No entanto, os neoschumpeterianos se afastam da visão de Schumpeter em vários aspectos, principalmente no que diz respeito ao caráter descontínuo da inovação tecnológica e a vantagem de ser um inovador pioneiro. O ponto comum entre os neoschumpeterianos é o de que

Os modelos que retratam a inovação como um processo linear bem-comportado especificam mal a natureza e a direção dos fatores causais em ação. A inovação é complexa, incerta, um tanto desordenada e sujeita a mudanças de vários tipos. A inovação também é difícil de medir e exige uma coordenação estreita de conhecimento técnico adequado e excelente julgamento de mercado para satisfazer restrições econômicas, tecnológicas e outros tipos de restrições – tudo simultaneamente. O processo de inovação deve ser visto como uma série de mudanças em um sistema completo não apenas de hardware, mas também de ambiente de mercado, instalações de produção e conhecimento e os contextos sociais da organização de inovação (Kline; Rosenberg, 1986, p. 275, tradução livre).

Segundo Freeman (1988, p. 4), o foco da abordagem neoschumpeteriana são os processos de mudança na estrutura econômica sob uma visão holística, sistêmica e evolucionária. Os autores neoschumpeterianos partem da ideia de Schumpeter, mas se distanciam em seguida devido aos achados empíricos (Freeman, 1994, p. 467).

Nelson e Winter (1982, p. 340) afirmam que as inovações surgem em forma de problemas ou anomalias nas rotinas de ação prevalecentes das firmas. As inovações nas rotinas organizacionais consistem, em grande parte, em novas combinações da rotina existente, sendo entendidas como um processo incremental. A sobrevivência e o crescimento da firma estão ligados à sua habilidade de aprender como mudar suas rotinas de ação. Portanto, as habilidades, aprendizado e rotinas das firmas importam para a emergência da inovação.

A inovação é uma atividade complexa envolvida em um processo de busca, descoberta, experimentação, desenvolvimento, imitação e adoção de novos produtos, processos produtivos e novas técnicas organizacionais (Dosi, 1988a, 1990). A inovação está associada à busca de novas tecnologias, isto é,

Implica que as firmas produzem as coisas de maneiras que são tecnologicamente diferenciadas dos produtos e métodos de outras firmas e que elas produzem inovações baseadas geralmente em tecnologia interna, ainda que com algumas contribuições de outras firmas, e em conhecimento público. Em tais circunstâncias, o processo de busca das firmas industriais por aprimorar sua tecnologia *não é* caracterizado por firmas levantando todo o estoque de conhecimento tecnológico nocional antes de fazerem suas escolhas tecnológicas[...]. Pelo contrário, dada essa natureza altamente diferenciada, as firmas buscam melhorar e diversificar sua tecnologia pesquisando em áreas que lhes capacitam a usar e construir sobre sua base tecnológica existente e sobre seus mercados existentes, seus canais de distribuição [...] (Dosi, 1988b, p. 1130, tradução livre).

Kline e Rosenberg (1986) defendem que a inovação é multidimensional, por envolver uma variedade de atividades. Esses autores se referem à inovação como (a) um novo produto, um novo processo de produção; b) a substituição de um material mais barato, recém-desenvolvido para uma dada tarefa, em um produto essencialmente inalterado; c) a reorganização da produção, das funções internas ou dos arranjos de distribuição que conduzam ao aumento da eficiência, melhor suporte para um determinado produto ou redução dos custos; ou d) uma melhoria nos instrumentos ou métodos de fazer inovação.

Kline e Rosenberg (1986, p. 279-285) destacam quatro aspectos importantes acerca da inovação. O primeiro é o de que os projetos de inovação são incertos no sentido de que o sucesso de uma inovação depende de uma equilibrada combinação de variáveis tecnológicas e de mercado. Ambas as variáveis estão associadas a incertezas que devem ser gerenciadas e reduzidas. Trata-se de um desafio para empresas, por depender de suas competências internas e externas. Ainda conforme Kline e Rosenberg (1986, p. 279-285), o caso do avião Concorde é um dos exemplos de projetos malsucedidos. Em que pese o notável desempenho técnico da aeronave, as variáveis econômicas envolvidas foram negligenciadas, como o consumo excessivamente elevado de combustível.

A segunda característica da inovação refere-se ao seu caráter multidimensional. A inovação pode ser um novo produto, técnica de produção ou arranjo organizacional. Pinheiro (2015) destaca que o principal foco de Kline e Rosenberg (1986) é o processo particular de inovação, o qual se desenvolve ao longo do tempo e está limitado a um sistema em que fatores vinculados ao contexto setorial e social, bem como a variáveis mais específicas da

organização, devem ser submetidos às análises, uma vez que modelos reducionistas negligenciam peculiaridades da real dinâmica inovativa.

A terceira característica apontada por Kline e Rosenberg (1986, p. 285) é a de que o processo de inovação está relacionado a muitas *caixas pretas*, em vez de a apenas uma, como supõe os modelos lineares. Para os autores, essas caixas pretas são empresas, indústrias e países, entre outras. A natureza dos problemas e restrições de mercado que devem ser enfrentados e a maneira como as inovações são geradas diferem significativamente de um setor para outro. O estado do conhecimento relevante em ciência e tecnologia também difere conforme o setor. A natureza e a lucratividade potenciais da produção da caixa preta também diferem expressivamente entre as indústrias em um determinado momento. Portanto, introduzir aleatoriamente a mesma inovação nas caixas pretas dos setores implica diferentes tipos de atividades de P&D e diferentes taxas de retorno sobre os recursos investidos.

A quarta característica identificada pelos autores se refere aos “benefícios da inovação, que podem facilmente transcender as indústrias onde se originaram” (Kline; Rosenberg, 1986, p. 279). Existem múltiplas fontes alimentadoras de um processo de inovação relativas a áreas de conhecimento e atores econômicos. Alguns setores podem absorver inovações geradas em outros setores. Para os autores, um exemplo disso é o setor de vestuário, o qual absorve várias inovações de eletrônica, tecnologia a *laser* e química.

Outro aspecto da inovação que dificulta a sua mensuração são os efeitos de uma indústria em rápida expansão sobre seus fornecedores. Indústrias em crescimento quase sempre provocam o aumento na demanda em outras indústrias que produzem componentes intermediários e materiais para o seu suprimento. Por exemplo, o crescimento da indústria automobilística no início do século XX estimulou a indústria de petróleo a desenvolver novos métodos de refino de óleo, que passou a ser importante fonte de energia com a invenção dos motores de combustão interna (Kline; Rosenberg, 1986).

Nesse contexto, os problemas climáticos gerados por emissão de CO₂ induzem o setor de petróleo a desenvolver tecnologias capazes de reduzir ou eliminar a poluição ambiental. Ao mesmo tempo, o setor consideraria aspectos econômicos viáveis que o estimule a investir em projetos.

Além do crescimento e do desenvolvimento econômicos, as inovações possibilitam a melhoria na qualidade de vida do ser humano, a conservação dos recursos naturais ao longo do tempo e a conservação do meio ambiente (Freeman; Soete, 2008). Essas considerações sugerem qualificar o desenvolvimento econômico como sustentável.

2.3.1 Tecnologia e inovação

O conceito de tecnologia contribui para entender como o avanço tecnológico e a mudança tecnológica por meio de inovações ocorrem nos contextos das firmas e das indústrias. Conforme Dosi (1982, 1988b), tecnologia consiste em um conjunto de conhecimentos práticos e teóricos aplicados, *know-how*, métodos, procedimentos, experiências de sucesso e fracasso, bem como diapositivos e equipamentos físicos. O conhecimento prático engloba aqueles relacionados a problemas e artefatos concretos; o conhecimento teórico são aqueles praticamente aplicáveis. Os artefatos físicos existentes incorporam os sucessos no desenvolvimento da tecnologia em uma atividade destinada à solução de problemas específicos. Por outro lado, a parte *desincorporada* dos artefatos é formada por perícias particulares, experimentação em tentativas e soluções tecnológicas prévias juntamente com o conhecimento e as realizações do *estado-da-arte*.

Inovação diz respeito a novas soluções técnicas em produtos, processos e organizações, representadas por um processo contínuo de mudanças que dificultam a economia atingir o mesmo e único estado geral de equilíbrio.

A etimologia da palavra *inovação* deriva do latim *innovatio*, ou seja, o ato de tornar novo, mudar ou alterar as coisas e nessas introduzir novidades. Conforme a OCDE (1997), existem diversas definições de inovação em diferentes contextos e a escolha irá depender dos objetivos da análise ou mensuração que se pretende realizar.

A OCDE (2005, p. 5) define a inovação como a implementação de um produto (bem ou serviço) ou processo, novo ou significativamente melhorado, de um novo método de *marketing* ou de um novo método organizacional nas atividades comerciais, na organização do local de trabalho ou nas relações externas. O Manual de Oslo também se refere à importância da inovação de acordo com o contexto macroeconômico e microeconômico em que atuam.

No nível macro, há um substancial conjunto de evidências de que a inovação é o fator dominante no crescimento econômico nacional e nos padrões do comércio internacional. No nível micro – dentro das empresas – a P&D é vista como o fator de maior capacidade de absorção e utilização pela empresa de novos conhecimentos de todo o tipo, não apenas conhecimento tecnológico (OCDE, 2005, capítulo II, p. 31).

A OCDE (2005) distingue as inovações em três tipos: inovação de produtos, inovação de processo e inovação de serviços. A inovação de produtos se refere a produtos tecnologicamente novos ou aprimorados. A inovação de processo diz respeito a processos

novos ou aprimorados introduzidos pela empresa em seu processo produtivo e operacional. A inovação de serviços são inovações referentes aos serviços oferecidos aos consumidores.

Outra contribuição da OCDE (2005) ao estudo da inovação é o impacto, a mudança tecnológica na economia a partir dos conceitos de inovação radical e inovação incremental, ao afirmar que

Novas tecnologias competem com as tecnologias estabelecidas e, em muitos casos, as substituem. Esses processos de difusão tecnológica são frequentemente prolongados e envolvem, via de regra, o aprimoramento incremental, tanto das novas tecnologias, como das já estabelecidas. Na turbulência que se segue, novas empresas substituem as existentes que tenham menos capacidade de ajustar-se. A mudança técnica gera uma redistribuição de recursos, inclusive de mão-de-obra, entre setores e entre empresas (OCDE, 2005, p. 34).

Freeman (1994), Pavitt (1984) e Dosi (1982, 1988a) concordam que as inovações variam de acordo com a indústria em que é desenvolvida, o grau de novidade incorporado e o custo, a tecnologia e o tipo organizacional. A tecnologia tem um caráter dinâmico e endógeno ao processo de desenvolvimento econômico, ao contrário dos preceitos estáticos da análise neoclássica.

2.3.2 Taxonomias das inovações

A classificação das inovações é uma forma de compreender a maneira pela qual a tecnologia evolui e suscita mudanças das estruturas produtivas das economias em uma perspectiva histórica (Freeman; Perez, 1988) e a evolução das indústrias.

A taxonomia proposta por Freeman e Perez (1988) é mais ampla. Em primeiro lugar, os autores distinguem invenção, inovação e difusão tecnológica como uma espécie de processo sequencial. A invenção consiste em uma ideia de um novo produto ou processo (esfera técnico-científica). A inovação diz respeito à tentativa de colocar essa ideia em prática (esfera econômica), que pode permanecer ou não no mercado, a depender do grau de apropriação. A difusão se refere ao processo de adoção intensa da inovação e, assim, transforma uma invenção original em um fenômeno socioeconômico. Em segundo lugar, Freeman e Perez (1988) distinguem as inovações em quatro tipos: inovação incremental, inovação radical, novos sistemas tecnológicos e mudanças de paradigma tecnoeconômico, ou revoluções tecnológicas. Schumpeter (1996), Freeman e Perez (1988) e Dosi (1982, 1988a) também distinguem as inovações em radicais e incrementais.

As inovações incrementais ocorrem mais ou menos de maneira contínua em qualquer indústria ou atividade de serviços. As taxas de inovações incrementais são desiguais entre indústrias e países, por dependerem da combinação da demanda, de fatores socioculturais, de oportunidades e trajetórias tecnológicas. Essas inovações ocorrem com frequência, não como resultado de quaisquer atividades deliberadas P&D, mas por meio de invenções e melhorias propostas por engenheiros e outros atores envolvidos no processo de produção ou como resultado de iniciativas e propostas de usuários.

As inovações incrementais são importantes para a melhoria da eficiência no uso de todos os fatores de produção e são associadas à ampliação de instalações e equipamentos e melhorias de qualidade de produtos e serviços para uma variedade de aplicações específicas. O conjunto de inovações incrementais impactam o crescimento da produtividade, mas nenhuma inovação incremental isolada tem efeitos substanciais e, às vezes, podem ser despercebidas e não registradas. As inovações incrementais contribuem para o aumento geral da taxa de produtividade e determinam a mudança progressiva dos coeficientes da matriz de insumo-produto, apesar de não transformar sua estrutura (Freeman; Perez, 1988; Freeman, 1994; Freeman; Soete, 2008).

As inovações radicais são eventos descontínuos e resultam de atividades deliberadas de P&D em empresas e em laboratórios de universidades e governamentais. A inovação radical consiste em introduzir novos produtos, novos processos e novas formas de organização da produção representadas por setores industriais, serviços e empresas. As inovações radicais são distribuídas de maneira irregular no tempo e entre indústrias, podem acelerar o crescimento de novos mercados e o surgimento de novos investimentos capazes de induzirem uma expansão do crescimento. As inovações radicais podem envolver a combinação de inovação de produtos, de processos e organizacionais, como também o surgimento de novas indústrias e serviços, tais como a indústria de materiais sintéticos e a de semicondutores (Freeman; Perez, 1988).

A distinção entre inovações radicais e incrementais é relevante quando se associa às características específicas dos setores industriais. Conforme a taxonomia estabelecida por Pavitt (1984), apenas algumas empresas realizam inovações radicais e estão agrupadas em determinados setores como os baseados em ciência. Entre esses setores estão o farmacêutico, o de informática e o de biotecnologia, por exemplo. A maioria dos setores realizam inovações incrementais, raramente fazem inovações radicais; são setores que dependem de fornecedores e os intensivos em tecnologia como automobilístico, têxtil e petróleo e gás (Freeman; Soete, 2008; Freeman, 1994).

Importante observar que nos estágios iniciais de uma inovação radical as pesquisas científicas e os recursos tecnológicos são avançados, mesmo que não causem o impulso original (Freeman, 1994). Enquanto a inovação incremental não consegue alterar a estrutura industrial, a inovação radical desencadeia os ciclos econômicos longos, suscitando transformações estruturais significativas na indústria, na economia e na sociedade.

A OCDE (2005, p. 57) descreve quatro tipos de inovação: de produto, de processo, de *marketing* e organizacional.

A **inovação de produto** refere-se à introdução de um novo bem ou serviço ou ao melhoramento de suas características ou usos previstos. O melhoramento pode ser em especificações técnicas, em componentes e materiais, em *softwares* incorporados e em facilidade de uso, entre outras características funcionais.

A **inovação de processos** remete a um método de produção ou distribuição novo ou significativamente melhorado, incluindo-se mudanças em técnicas, equipamentos e/ou *softwares*. Esse tipo de inovação é realizado em vista de reduzir de custos de produção ou de distribuição, melhoramento da qualidade, bem como produzir ou distribuir novos produtos ou melhorados (OCDE, 2005, p. 58).

A **inovação de *marketing*** representa um novo método de *marketing* com mudanças significativas na concepção do produto ou na sua embalagem, no posicionamento do produto, na sua promoção ou na fixação de preço, para atender a necessidades dos consumidores e a objetivos de crescimento da firma por meio da abertura de novos mercados ou reposicionamento de um produto no mercado em que atua (OCDE, 2005, p. 59).

A **inovação organizacional** é a implementação de um novo método organizacional nas práticas de negócios da empresa, na organização do seu local de trabalho ou nas suas relações externas, visando ao aumento do nível de desempenho da empresa por meio da redução de custos administrativos e do estímulo à satisfação no local de trabalho e consequentemente da produtividade (OCDE, 2005, p. 61).

Outra contribuição da OCDE (2005) ao estudo da inovação é o impacto e a mudança tecnológica na economia, a partir dos conceitos de inovação radical e inovação incremental, ao afirmar que

Novas tecnologias competem com as tecnologias estabelecidas e, em muitos casos, as substituem. Esses processos de difusão tecnológico são frequentemente prolongados e envolvem, via de regra, o aprimoramento incremental, tanto das novas tecnologias, como das já estabelecidas. Na turbulência que se segue, novas empresas substituem as existentes que tenham menos capacidade de ajustar-se. A mudança técnica gera uma

redistribuição de recursos, inclusive de mão-de-obra, entre setores e entre empresas (OCDE, 2005, p. 34).

Segundo Freeman (1994), a variedade de inovações e sua complexidade é uma das principais dificuldades para o entendimento da existência de padrões tecnológicos, apesar da diversidade industrial e da incerteza associada à inovação, um questionamento feito por Nelson e Winter (1977). Esses padrões podem ser explicados por meio dos conceitos de paradigma tecnológico, trajetória tecnológica e paradigma tecnoeconômico.

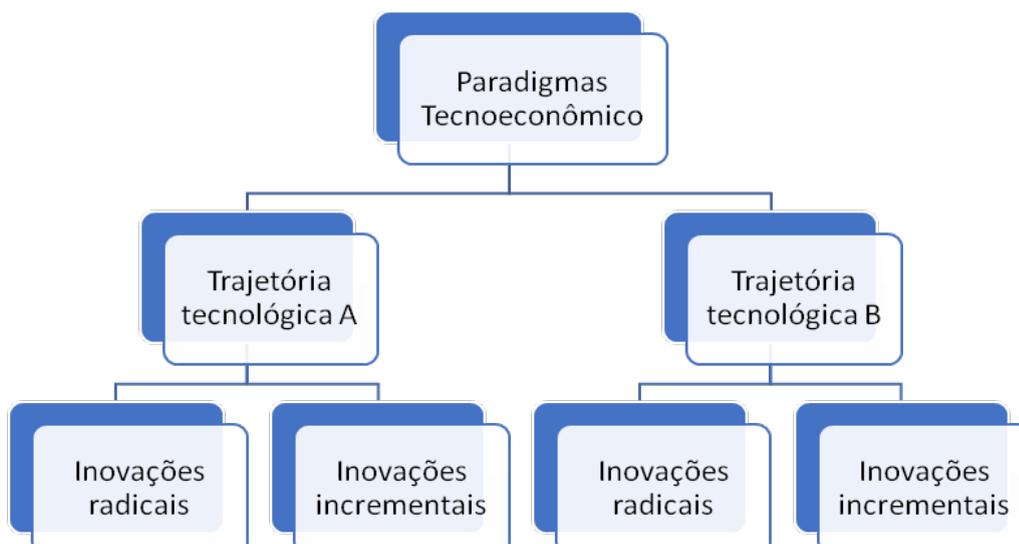
Sistema tecnológico é definido como “a combinação de inovações radicais e inovações incrementais e mudanças organizacionais ou administrativas que afetam mais de uma firma”, com efeitos em vários setores da economia simultaneamente e pode gerar novos setores (Freeman; Perez, 1988, p. 46).

2.3.3 Paradigmas e Trajetórias Tecnológicas

Os conceitos de paradigma tecnológico e trajetória tecnológica são úteis para o entendimento da importância de diferentes níveis do processo de inovação relacionados aos padrões setoriais relativos às oportunidades de mercado, incentivo econômico e apropriabilidade da inovação por parte das firmas.

O paradigma tecnológico, por sua vez, é definido como um *modelo* ou um *padrão* de soluções de um conjunto de problemas de ordem técnica, selecionado a partir de princípios derivados do conhecimento científico e das práticas produtivas (Dosi, 1982, p. 152). A Figura 2 apresenta a relação entre esses aspectos.

Figura 2 - Dimensões da mudança tecnológica



Fonte: elaboração do autor.

Cada paradigma tecnológico, como o paradigma das Tecnologias da Informação e Comunicação, que se estabeleceu a partir na década de 1970, proporciona diferentes oportunidades tecnológicas (caminhos ou trajetórias representadas na Figura 2 por “A” e “B”). Por exemplo, as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) são utilizadas para gerar novas formas e métodos de produção do conhecimento no ambiente escolar.

Ortiz Neto e Shima (2008) identificam três trajetórias tecnológicas no segmento *offshore* da indústria petrolífera mundial, utilizadas no Golfo do México (EUA) e no Mar do Norte (Europa), as quais, juntamente com a Bacia de Campos (Brasil) são as mais produtivas e ricas do planeta. Tais trajetórias trazem à luz o conhecimento tecnológico que permitiu à Petrobrás, de forma inédita, iniciar as suas atividades *offshore* nas décadas de 1960-1970. A produção *offshore* significa o surgimento de um novo paradigma tecnológico sustentado pelas seguintes trajetórias: Sistema Rígido de Produção (SRP), o Sistema Flexível de Produção (SFP) e o Sistema Flutuante de Produção (SFP).

Em trabalho pioneiro, Dosi (1982) concebe os conceitos de paradigma tecnológico e de trajetória tecnológica inspirado no conceito de “paradigma científico”, proposto em 1962 por Thomas Kuhn em seu livro *The Structure of Scientific Revolutions*. Para Kuhn (2011) paradigma são “realizações científicas universalmente reconhecidas que fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência” (Kuhn, 2011, p. 13).

O paradigma tecnológico consiste em “um “modelo” ou um “padrão de soluções de um conjunto de problemas de ordem técnica, selecionado a partir de princípios derivados do conhecimento científico e das práticas produtivas” (Dosi 1982, p. 152).

As inovações tecnológicas envolvem a solução de problemas técnicos e aspectos econômicos importantes – como custos e viabilidade comercial. O paradigma tecnológico define as necessidades que devem ser satisfeitas, os princípios científicos utilizados para a tarefa, a tecnologia material a ser usada. O paradigma tecnológico é um protótipo de um artefato que deve ser desenvolvido e aprimorado de acordo com suas características tecnoeconômicas específicas, tais como um carro, um circuito integrado, um torno. O paradigma tecnológico é também um conjunto de heurísticas que permita se responder a questionamentos como: *que caminho seguir? onde se deve pesquisar? a que tipo de conhecimento se deve recorrer?* (Dosi, 1988a, p. 1127).

Dosi (1982) esclarece que o paradigma tecnológico impacta a estrutura econômica e social, modifica as formas de produção e de organização das empresas, altera as relações de trabalho, o sistema e a forma de ensino e pesquisa. Também altera os vínculos com a ciência,

a cultura, costumes, gostos e preferências, por exemplo, para que a difusão da inovação alcance todos os setores econômicos e de diferentes realidades.

No âmbito do paradigma tecnológico, para a solução de problemas específicos é necessário que sejam feitas escolhas entre as possíveis alternativas de desenvolvimento tecnológico. Essas escolhas se referem às trajetórias tecnológicas, que são definidas como “uma atividade "normal" de solução de problemas técnicos, recorrente dos padrões produtivos determinados pelo paradigma tecnológico” (Dosi 1982, p. 152).

O paradigma tecnológico e a trajetória tecnológica englobam padrões estabelecidos de modo espontâneo conforme as necessidades a partir da introdução de inovações em setores industriais, com transbordamentos para a economia como um todo. Conforme Dosi (1988a), as inovações são atividades de busca e experimentação porque os resultados tecnológicos do processo de inovação só podem ser conhecidos *ex post*. Portanto, os paradigmas tecnológicos e as trajetórias tecnológicas surgem, em parte, da percepção dos agentes econômicos da existência de oportunidades tecnológicas e econômicas ainda inexploradas. Portanto, os conceitos de paradigma tecnológico e de trajetória tecnológica consolidam o entendimento da inovação como um processo evolutivo, seletivo e adaptativo.

Rosenberg (1982) pontua no primeiro capítulo do seu livro como as evoluções da ciência e tecnologia ao longo do tempo influenciam o ritmo e a direção do progresso técnico. Desta forma, as características específicas das tecnologias afetam “o ritmo de melhoria da produtividade, a natureza do processo de aprendizagem subjacente à própria tecnologia – *learning-by-using* e *learning-by-doing* -, a rapidez da transferência tecnológica, e a eficácia das políticas governamentais formuladas para influenciar as tecnologias de maneiras particulares.” (Rosenberg, 1982, p. 8)

Freeman e Perez (1988) observam que o paradigma tecnológico representa um conjunto de inovações de produto, de processo, técnicas, organizacionais e administrativas capazes de criar inúmeras oportunidades de investimento e lucro. As empresas selecionam alternativas de ordem técnica e econômica com base nas características da indústria e do ambiente institucional onde esteja inserida. As empresas são as responsáveis pela determinação das mudanças técnicas que prevalecerão. Os paradigmas tecnoeconômicos implicam tendências tais como a) melhores práticas de organização da produção; b) novas qualificações de mão-de-obra; c) novo mix de produtos; d) novas tendências nas inovações radicais e incrementais; e) novos padrões de investimentos; f) novas firmas empreendedoras nos mercados em crescimento; g) aumento da participação de grandes empresas (Freeman; Perez, 1988).

O paradigma tecnológico engloba um conjunto de trajetórias tecnológicas que podem ser exploradas ou negligenciadas a depender das características do setor industrial em que a empresa atua. Segundo Nelson e Winter (1977), trajetória tecnológica consiste na direção que o avanço tecnológico toma, de acordo com as escolhas de tecnologias relevantes pelas firmas à vista da obtenção de lucros. Enquanto o paradigma tecnológico é uma estrutura técnica de referência – um conjunto de procedimentos, a definição de problemas relevantes e o conhecimento específico relativo à sua solução na aplicação ao meio produtivo e ao mercado – a trajetória tecnológica seria a rota de progresso de um paradigma tecnológico (Dosi, 1982).

A evolução de uma trajetória depende da habilidade e competência tecnológica das organizações em descobrir novas oportunidades de inovações, desenvolvê-las e implementá-las em suas respectivas atividades. O número de oportunidades a serem exploradas em um setor é um dos fatores centrais para a diferenciação dos setores de uma economia acerca do ritmo de inovações. As oportunidades tecnológicas refletem a possibilidade de inovações para qualquer volume de investimento em pesquisa. Grandes oportunidades oferecem fortes incentivos ao empreendimento de atividades inovadoras e denotam um ambiente econômico que não é funcionalmente restringido pela escassez.

Segundo Dosi (1982), as empresas escolhem entre um conjunto de soluções (*trade-offs*) alternativas adequadas para resolver seus problemas técnicos e econômicos de acordo com as características do setor e do ambiente institucional no qual atuam. Assim, a trajetória tecnológica é uma atividade normal de solução de problemas. No caso da microeletrônica, por exemplo, a mudança tecnológica seguiu uma trajetória baseada em aperfeiçoamentos na relação entre densidade de *chips* eletrônicos, a velocidade de processamento e o custo por *bit* de informação (Dosi, 1988a).

Freeman e Soete (2008) introduzem o conceito de *path dependence* para caracterizar a dependência das firmas da trajetória tecnológica que decidem seguir. O suporte para esse conceito é que em processos de P&D o produto de um estágio de pesquisa é o insumo para o outro e assim sucessivamente. Portanto, o que se realiza em uma fase depende do que se faz em outra.

O conceito de paradigma tecnológico comporta estritamente mudanças técnicas em produtos e processos. Ante a essa restrição, Perez (1983) propõe pela primeira vez o conceito de paradigma tecnoeconômico.

O paradigma tecnoeconômico é definido como uma combinação de inovações de produto, de processo, técnicas, organizacionais e administrativas que desencadeiam oportunidades de investimento e lucro (Freeman; Perez, 1988).

Conforme Freeman e Perez (1988), o conceito de paradigma tecnoeconômico – ou revoluções tecnológicas – permite incorporar à análise do processo de competitividade também outros elementos como mudanças nos custos de produção e distribuição. Esse conceito ajuda a compreender as mudanças que ocorrem durante os ciclos de crescimento econômico.

O paradigma tecnoeconômico emerge mediante um avanço técnico cujo impacto na economia desestabiliza as tecnologias existentes e as estruturas organizacionais da economia. As mudanças nesse tipo de paradigma, as quais se propagam por todos os setores da economia, são seguidas de uma importante crise estrutural de ajustamento, em que as mudanças sociais e institucionais são necessárias para ocasionar a melhor harmonia entre a nova tecnologia e o sistema de gestão social da economia (Freeman; Perez, 1988).

Os paradigmas tecnoeconômicos conduzem a economia capitalista a ciclos de expansão e retração de investimentos. Esses ciclos possuem quatro estágios sucessivos: a) difusão inicial, caracterizado pelo surgimento de inovações radicais; b) crescimento rápido, caracterizado por novas firmas que exploram a mesma inovação; c) crescimento mais lento, em que o paradigma se difunde para as firmas menos receptivas; e d) maturação, quando os produtos no mercado se esgotam e as inovações incrementais trazem pouco aumento da produtividade.

Freeman e Perez (1988, p. 50-57) descrevem cinco paradigmas tecnoeconômicos que surgiram desde a Revolução Industrial e impactaram as formas de condução de uma empresa e suas inovações, a saber: a mecanização (1770-1840), a máquina a vapor e as ferrovias (1840-1890), a engenharia pesada e elétrica (1890-1940), o modo de produção fordista (1940-1980) e as TIC (1980- período atual).

Acerca da difusão de inovações, Freeman (1994) argumenta não ser incomum novos produtos e processos serem radicalmente alterados durante o processo de propagação. Para o autor, os primeiros modelos das décadas de 1950 e 1960, os quais tendiam a assumir um produto inalterado difundindo-se por um ambiente inalterado, foram amplamente substituídos por modelos mais complexos.

2.4 Aspectos Comportamentais dos Agentes no Processo de Inovação

A abordagem neoschumpeteriana está fundamentada em cinco pressupostos que afetam o processo de inovação e seus resultados, quais sejam: racionalidade limitada dos agentes econômicos, assimetria de informação, incerteza, aprendizado e rotina.

A racionalidade se refere ao grau de capacidade cognitiva do ser humano efetuar suas escolhas entre alternativas que proporcionam o menor custo de oportunidade na tentativa de maximizar sua função de utilidade pelo ajustamento deliberado e consciente da alocação de recursos (Bazerman; Schoorman, 1983). Custo de oportunidade é um conceito utilizado por Marshall (1996), segundo o qual os custos não devem ser considerados absolutos, mas iguais a uma segunda melhor oportunidade de benefícios não aproveitada.

A racionalidade substantiva, pressuposto da teoria econômica neoclássica, significa que o agente econômico conhece todas as informações acerca das alternativas disponíveis para escolha e que é capaz de calcular – a partir de uma função utilidade específica – o valor da utilidade esperada de cada alternativa e escolhe a alternativa que maximiza a utilidade esperada. A racionalidade limitada, defendida pelos neoschumpeterianos, significa que os agentes não conseguem processar todas as informações sobre as alternativas para tomar decisão, limitando-se a escolher ações que esperam ser satisfatórias (Simon, 1979).

Simon (1979) ainda ressalta que a restrição racional dos indivíduos alcança as organizações, ao afirmar que em comportamento administrativo a racionalidade limitada está associada à falta de onisciência quanto ao conhecimento das alternativas, incerteza a respeito de eventos exógenos importantes e inabilidade para o cálculo de suas consequências.

A incerteza, que recebeu destaque pela primeira vez no campo da Psicologia, é definida por Knight (2006) como uma situação de probabilidade numericamente imensurável. O autor ampliou as características desse elemento, para o qual “não existem bases válidas ou experiência passada para determinar a probabilidade de uma ocorrência específica” (Knight, 2006, p. 231) e dada como certa. Knight (2006) distingue *incerteza mensurável* ou risco (associados às circunstâncias nas quais o que denomina *de probabilidade a priori* e *probabilidade estatística* são, em princípio, factíveis) de *incerteza imensurável*, circunstância em que somente é possível fazer *uma estimativa de uma estimativa*, em que o fenômeno em questão é único.

Na presença de incerteza e complexidade dos ambientes, o alinhamento dos interesses do inovador e do adquirente da tecnologia se torna muito difícil, uma vez ~~que~~ que a incerteza afeta o processo de tomada de decisão e os resultados. A incerteza, portanto, influencia o processo de inovação em diferentes graus. No campo da Economia, a questão da incerteza é muito importante. Freeman e Soete (2008), por exemplo, dedicam um capítulo inteiro para abordar especificamente o assunto.

Dentre os vários conceitos de incerteza (Andrade, 2011), a definição mais adequada para o contexto da presente tese vem da teoria econômica heterodoxa:

a incerteza, na teoria econômica não ortodoxa, não diz respeito apenas ao desconhecimento, ainda que radical, do futuro, mas à natureza indeterminada dos processos econômicos cuja trajetória não pode ser suficientemente explicada (se no passado) ou prevista (se no futuro) com base em relações de causalidade determinística, seja de inferência probabilística (Possas, 1996, p. 85).

Para Baptista (1999), não é certeza que investimentos em projeto de inovação alcance êxito técnico e comercial no mercado, quando comparado com outras tecnologias. O cálculo capitalista para avaliar se o investimento *ex-ante* será recompensado *ex-post* é considerado insuficiente. Os riscos vinculados às inovações tecnológicas diferem dos riscos normais – ou incertezas. Enquanto os riscos são calculáveis, a incerteza é imensurável e envolve juízos específicos para cada caso particular. Portanto, as inovações tecnológicas podem ser classificadas por grau de incerteza do projeto (Knight, 2006).

O Quadro 2 relaciona os graus de incerteza associados a diferentes tipos de inovações. Em geral, as inovações tecnológicas incrementais são menos incertas do que as radicais. Isso leva as firmas a não realizarem inovações de produtos radicais inteiramente novos para concentrarem sua P&D em inovações de processo (Freeman; Soete, 2008).

Quadro 2 - Graus de incerteza relacionados a diferentes tipos de inovações

Incerteza	Tipos de inovações
Grau de incerteza de incerteza muito elevado	<ul style="list-style-type: none"> • Inovações radicais de produtos e de processos geradas fora da firma
Graus de incerteza elevado	<ul style="list-style-type: none"> • Inovações radicais de produtos • Inovações radicais de processos geradas na firma
Grau de incertezas moderado	<ul style="list-style-type: none"> • Novas gerações de produtos existentes
Grau de incerteza baixo	<ul style="list-style-type: none"> • Inovações licenciadas • Imitação de inovações de produtos • Inovações incrementais de produtos e processos • Adoção antecipada de processos existentes
Grau de incerteza muito baixo	<ul style="list-style-type: none"> • Novos <i>modelos</i> • Diferenciação de produtos • Providências para inovação de produtos existentes • Adoção tardia de inovações de processo existentes e de operações flanqueadas no próprio estabelecimento • Melhorias técnicas menores

Fonte: elaboração do autor, a partir de Freeman e Soete.

A incerteza – por mais baixo que seja o seu grau – também é considerada empecilho ao financiamento de inovações pelo sistema bancário. Geralmente as inovações tecnológicas são financiadas com recursos próprios ou de terceiros, excetuando-se instituições financeiras. Ao contrário de Schumpeter (1996), os autores Freeman e Soete (2008) afirmam que os riscos referentes às inovações tecnológicas podem ser assumidos diretamente pelas firmas ou por pessoas que possuem experiências com o projeto em questão ou alternativamente, por meio de contratos de P&D.

A informação é considerada um elemento essencial ao desempenho das organizações no processo de inovação. No entanto, a racionalidade limitada impede que um agente econômico obtenha todas as informações necessárias para tomar decisões por alternativas cujos resultados econômicos esperados sejam totalmente realizados. A assimetria de informação ocorre quando uma das partes envolvidas nas relações contratuais detém uma informação relevante que a outra desconhece ou conhece parcialmente e, para obtê-la, incorre em elevados custos de transação (Williamson, 1985).

A incerteza é uma importante característica do processo de inovação, que na prática impossibilita o cálculo dos resultados técnicos-científicos e econômicos *ex-ante*. Em situações de complexidade, o grau de restrição cognitiva aumenta e torna os agentes menos capazes de preverem e estabelecerem antecipadamente medidas corretivas para possíveis eventos futuros por meio de mecanismos probabilísticos com plena certeza de sua ocorrência.

A incerteza inerente ao processo de inovação decorre de três componentes principais, a saber: a) a falta ou incompletude de informação sobre as variáveis do ambiente econômico associadas a uma tomada de decisão específica; b) desconhecimento do resultado de uma decisão específica, no que diz respeito a quanto a organização poderá perder se a decisão for incorreta; c) incapacidade de atribuir probabilidades com algum grau de confiança, em termos da forma como as variáveis do ambiente econômico irão afetar o sucesso ou insucesso da tecnologia durante a gestão do tomador de decisão (Dosi, 1988).

De acordo com Simon (1979), ao serem confrontados com situações de incerteza, os agentes adotam distintas regras de decisão, aprendem e se satisfazem com posições subótimas, em decorrência da restrição cognitiva inerente ao ser humano. A incerteza afeta as relações econômicas em termos de previsão de resultados esperados das transações. Nelson e Winter (1982) argumentam que as firmas criam rotinas para as suas atividades de P&D e métodos de aprendizado para reduzir os efeitos das incertezas vinculadas ao processo de inovação.

Rotinas são heurísticas estratégicas que condicionam o comportamento de uma firma para solucionar problemas. São *regras de bolso* ou padrões convencionais de comportamento que orientam as decisões no contexto das firmas em condições de incerteza. Essas rotinas são uma resposta racional, sistemática e inteligível frente a um ambiente complexo, mas que não pretende a maximização de lucros nem o equilíbrio, mas somente lucro. As rotinas expressam o comportamento regular e previsível da firma. Grosso modo, o conceito de rotina incorpora aspectos organizacionais e tecnológicos, ou seja, atividades de P&D com a finalidade de

busca de tecnologia por meio de inovação ou imitação e formas adequadas de apropriabilidade das inovações geradas no interior da firma (Nelson; Winter, 1982).

Existem três tipos de rotinas; as operacionais guiam o comportamento das firmas no curto prazo, ou diárias. As de investimento se referem à elaboração e execução de projetos com a finalidade de aumentar o estoque de capital da firma. As de mudança dizem respeito a projetos de P&D (Nelson; Winter, 1982).

As rotinas abrangem variáveis passíveis de previsão porque fazem parte do processo de aprendizado das atividades que a firma realiza bem e consegue entender os resultados. São padrões de comportamento regulares e sistemáticos e determinam, a qualquer momento, e não raras vezes por meio estocástico, uma lista de funções que a firma deve realizar conforme as variáveis internas e externas que enfrenta nas atividades regulares e que acabam por configurar os processos por soluções tecnológicas (Nelson; Winter, 1982).

O modelo de Nelson e Winter (1982) admite a existência de rotinas diferenciadas que orientam as decisões dos agentes em um processo tecnológico. As rotinas estão associadas às atividades de P&D e ao aprendizado tecnológico adquirido por diferentes métodos ao longo do tempo em busca de realização de aprimoramento do processo inovativo.

As firmas que estabelecem rotinas com maior potencial de lucratividade tendem a permanecer no mercado como resultado de sucesso competitivo. As melhores rotinas são aquelas geradoras de maior lucratividade. Ainda conforme os autores, as rotinas constituem a memória organizacional das empresas. As empresas inovadoras enfrentam incerteza de alto grau. As imitadoras assumem um processo com menor incerteza, mas menos recompensador em termos de lucro. Diante de resultados insatisfatórios, as firmas podem adotar rotinas mais eficientes, um comportamento que Nelson e Winter (1982) denominam de *satisficing*.

Dosi e Orsenigo (1988) observam que as instituições refletem a evolução da sociedade humana e no ambiente econômico têm a função de enfrentar a diversidade comportamental dos agentes envolvidos em um processo e de moldar a sua conduta. Regras, rotinas, crenças, valores e organizações são exemplos de instituições que fazem isso. Outros tipos de instituições, como contratos, visam estabelecer interações a partir de estrutura de governança.

2.5 Os Principais Modelos de inovação

Os modelos de inovação ressaltam as inter-relações entre ciência, tecnologia e economia em diferentes períodos, desde a década de 1950. Segundo Rothwell (1994), os modelos de inovação se classificam em lineares e não lineares (Quadro 3).

Quadro 3 - Principais modelos de inovação e seus aspectos básicos

Modelo de inovação	Período	Princípios básicos
<i>Linear technology push</i> (1ª geração)	1950 a 1965	Processo em 5 etapas: pesquisa básica, pesquisa aplicada, experimentos, engenharia não rotineira e produção e lançamento comercial da inovação (Rothwell, 1994; Viotti; Macedo, 2003).
<i>Linear market pull</i> (2ª geração)	1965 a 1970	A inovação é induzida pelo mercado ou por problemas operacionais das empresas (Rothwell, 1994).
Interativo <i>Coupling</i> (3ª geração)	1970 a 1980	Combina os modelos <i>Technology push</i> e <i>Market pull</i> . Forte ligação das áreas de marketing e de P&D. Processo de inovação sequencial, não necessariamente contínuo, dividido em várias etapas interdependentes e retornos para a fase anterior (Rothwell, 1994).
Modelo interativo em cadeia (4ª geração)	1980 a 1995	Desenvolvido pelo economista Kline (1985). Modelo de interação entre as diferentes etapas do processo de inovação, baseado em <i>feedbacks</i> (Kline, 1985).
Modelo sistêmico (5ª geração)	1990 a ...	Desenvolvido pela OCDE. Geralmente, as inovações são desenvolvidas em ambiente de rede entre empresas, com infraestruturas de pesquisa pública e privada existentes de universidades e institutos de pesquisa, sob influência das economias nacional e internacional e do sistema normativo (Viotti; Macedo, 2003).
<i>Open Innovation</i> (6ª geração)	2003 -	Henry Chesbrough (2003).

Fonte: elaboração do autor.

A classificação do autor dispõe os modelos em cinco gerações – com início na década de 1950 – e conforme os determinantes da inovação e o grau de interação entre as etapas e os agentes envolvidos no processo. Esses modelos são apresentados nesta seção com base em Kline e Rosenberg (1986) e Rothwell (1994). Em seguida, apresenta-se o Modelo de Inovação Aberta, conforme Chesbrough (2003, 2006).

Os modelos lineares mais conhecidos são o *technology push* e o *demand pull*, os quais têm como determinantes, respectivamente, o conhecimento científico ou a demanda de mercado. O modelo *technology push* – ou *science push* – predomina entre meados da década de 1950 e início da década de 1970, no qual o processo de inovação constitui-se de cinco etapas sequenciais, estanques e sem interação entre si. O processo inicia com a pesquisa básica até a sua aplicação prática no interior das firmas por meio de P&D. As etapas são pesquisa básica, desenho de engenharia, industrialização, *marketing* e comercialização. Enquanto a inovação é induzida pela oferta de conhecimento científico originado em universidades, o mercado é apenas um receptor dos resultados das pesquisas desenvolvidas na universidade (Rothwell, 1994).

O modelo *demand pull* – ou *market pull* – prevalece entre meados da década de 1960 e início da década de 1970 e supõe que a inovação é induzida pela demanda de mercado por

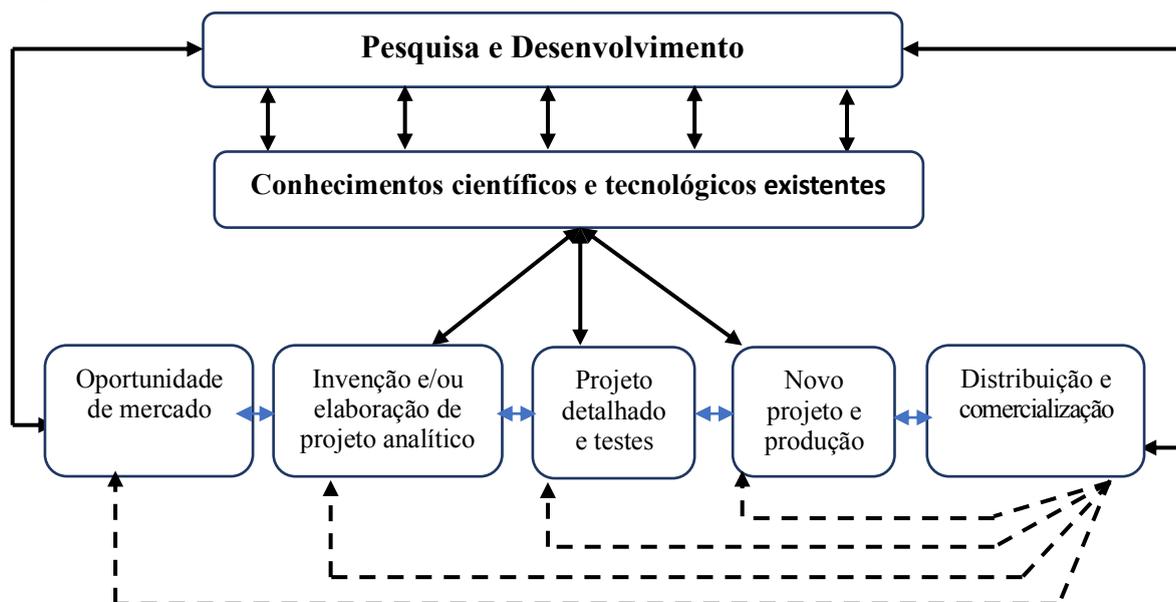
novos produtos. O processo possui quatro etapas sequenciais, estanques e sem interação: identificação de determinada necessidade dos consumidores, desenvolvimento do protótipo de um produto que satisfaça tal necessidade, produção e comercialização (Rothwell, 1994).

O modelo *coupling model* prevalece entre as décadas de 1970 e início da de 1980, período marcado por duas crises do petróleo com consequente recessão econômica mundial e racionalização de recursos. Esse contexto afeta o volume de investimentos em inovação, uma vez que as organizações buscam evitar perdas (Rothwell, 1994). Nesse modelo, a inovação resulta da interação entre necessidades de mercado e a oferta de tecnologia da empresa. O processo de inovação é sequencial, lógico e contínuo.

No modelo *coupling* as etapas são sequenciais, interdependentes e interagem. As etapas são as seguintes: identificação de uma necessidade, introdução de uma nova tecnologia dos centros de pesquisa, geração de uma nova ideia desenvolvida pelos pesquisadores, criação de protótipo, produção, *marketing* e vendas. Os agentes envolvidos formam uma rede complexa de comunicação intra e extraorganizacional, a qual visa vincular a empresa inovadora à comunidade científica e tecnológica e a outras empresas do mercado que também buscam inovar (Rothwell, 1994).

A terceira geração de modelos, conhecida por KR, foi proposta por Kline e Rosenberg (1986) com base na interação entre pesquisa e desenvolvimento, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Modelo de interação em cadeia - 3ª geração



Fonte: elaboração do autor, a partir de Kline e Rosenberg (1986).

A principal característica do modelo é o elevado grau de interação dentro e entre as três cadeias – pesquisa, conhecimento e inovação. Devido às múltiplas ligações da inovação com a ciência e tecnologia esse é conhecido também por *modelo de ligações em cadeia*.

O modelo KR estabelece cinco interligações entre invenção, conhecimento e pesquisa. A cadeia de inovação é o pilar do processo, em que se concentram cinco etapas de atividades que podem originar uma inovação.

A descoberta de oportunidade do mercado desencadeia o processo para a invenção ou o projeto analítico de um produto, seguido das etapas projeto detalhado e teste, reprojeção e produção, distribuição e mercado. As interações entre as etapas da cadeia central de inovação são diretas, sucessivas e fortes e essas características indicam uma abordagem linear. A inovação está condicionada ao poder do conhecimento científico e tecnológico disponível ou pesquisa circunstanciada para resolução do problema e à aceitação comercial de novo produto ou processo (Kline; Rosenberg, 1986)

O modelo KR trata de inovação incremental e radical, as quais são subjacentes ao avanço do conhecimento científico independentemente de ocorrerem com frequência ou não e de seus impactos na economia. No modelo, Kline e Rosenberg (1986) destacam o vínculo entre ciência e tecnologia com a inovação em todas as etapas do processo na cadeia central, consoante os objetivos. Caso o conhecimento acumulado em ciência e tecnologia não consiga resolver o problema relativo à inovação pretendida, a empresa pode realizar uma investigação específica ou o conhecimento novo existente.

Outro elemento essencial no modelo KR para a eficácia da inovação são os *feedbacks*, apresentados em três tipos. O primeiro tipo são as ligações entre as etapas da cadeia central de inovação. O conhecimento produzido em etapas iniciais do processo na cadeia central de inovação é crítico para o sucesso nas etapas posteriores. Por isso, algumas empresas dispõem de uma equipe de pessoas que passa por todas as etapas do projeto até a introdução da inovação no mercado. Em algumas empresas, no entanto, o trabalho é passado de um grupo para outro nas etapas da cadeia de inovação. A robustez e consistência tecnológicas contribuem para o sucesso da inovação. O segundo tipo de *feedback* indica as melhorias em determinado produto, as quais surgem de deficiências descobertas no serviço como uma peça de reposição em um modelo de automóvel. As mudanças necessárias podem exigir trabalho em qualquer um ou em todos os estágios anteriores ao longo da cadeia de inovação. O terceiro tipo de *feedback* diz respeito a volta à oportunidade de mercado, indicando a avaliação da utilidade e competitividade do produto que faz parte do planejamento e projeto de modelos posteriores ou novos sistemas (Kline; Rosenberg, 1986).

O modelo de Kline e Rosenberg (1986) mostra que as relações entre ciência e tecnologia e a inovação se estabelecem em todas as direções e sentidos e os diversos componentes da cadeia de inovação. O modelo, de acordo com Leite, Seidl e Antunes (2008), aproxima-se da realidade das inovações, mas apresenta algumas lacunas, como, por exemplo, de que maneira as atividades são desvinculadas dos agentes e não expressa um elemento relativo à organização interna da empresa inovadora.

A quarta geração predominou entre o início da década de 1970 e o início da década de 1980, com o modelo *integrated model*, cujas principais características são mencionadas em Rothwell (1994). O foco do modelo é o desenvolvimento de novo produto por meio da integração de atividades realizadas paralelamente pelos fornecedores e departamentos da empresa inovadora, especialmente o de P&D (Rothwell, 1994). Segundo Leite, Seidl e Antunes (2008), o modelo é desenvolvido por empresas japonesas a partir da prática de *just-in-time* com seus fornecedores primários e de processos de produção orientados para a qualidade total (*Total Quality Management – TQM*). Para esses autores, essa estratégia proporcionaria maior rapidez e eficiência na geração de novos produtos.

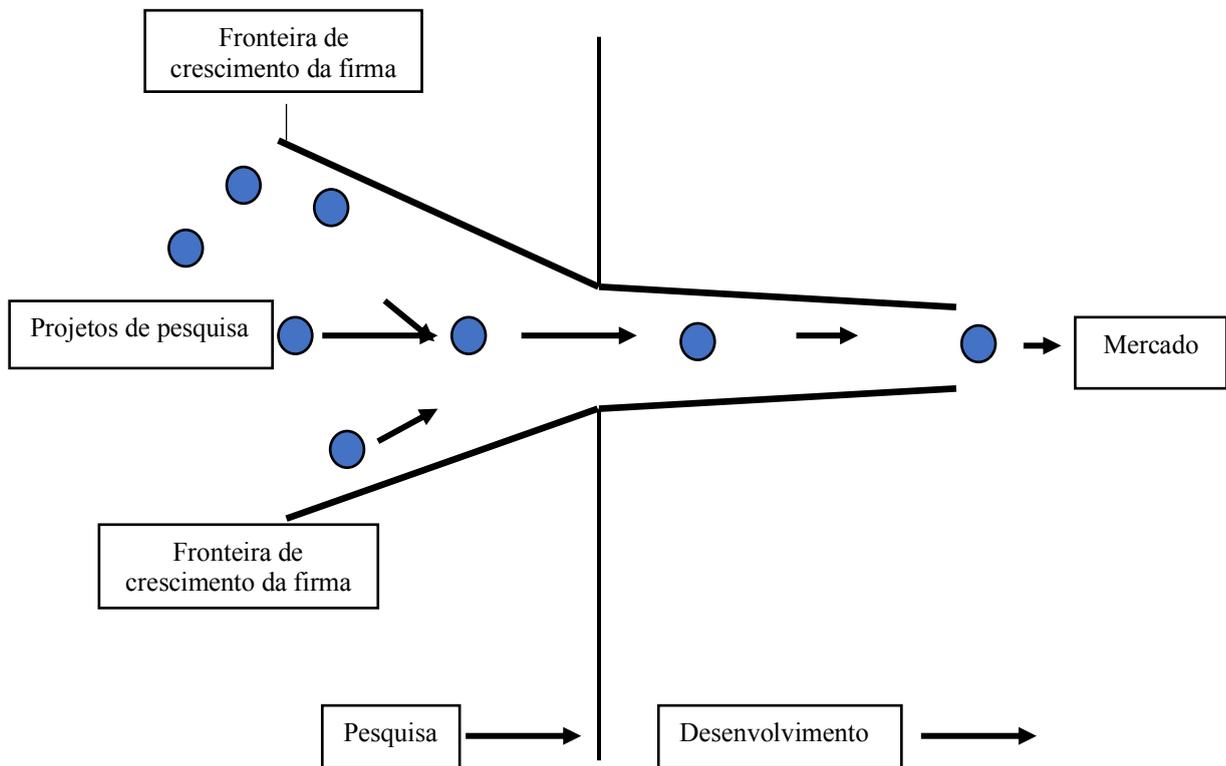
A quinta geração de modelos, denominada *net working model* (modelo de trabalho em rede), o qual busca solução para redução de custo e desenvolvimento *versus* prazo de desenvolvimento. Para isso, enfatiza a busca de conhecimento externo e relacionamento com usuários líderes, integração vertical, aliança estratégica para P&D, desenvolvimento de processos integrados e paralelos e o uso de ferramentas eletrônicas modernas (Rothwell, 1994).

Diante do exposto, conclui-se que os modelos de inovação refletem como os agentes envolvidos se organizam para realizar o processo, seja internamente no âmbito da empresa/firma, seja externamente em departamentos de P&D de universidades ou de instituições de ciência e tecnologia. Essa questão será discutida na próxima seção.

2.6.1 Os Modelos de Inovação fechada e aberta

Os modelos de inovação são classificados em fechados e abertos. A inovação fechada, como mostra a Figura 4, baseia-se na suposição de que inovação bem-sucedida requer controle, ou seja, o processo de inovação é realizado dentro da empresa com suporte de P&D e pessoal especializado, sem a participação de fontes externas (Chesbrough, 2003, 2006).

Figura 4 - Representação do modelo de inovação fechada



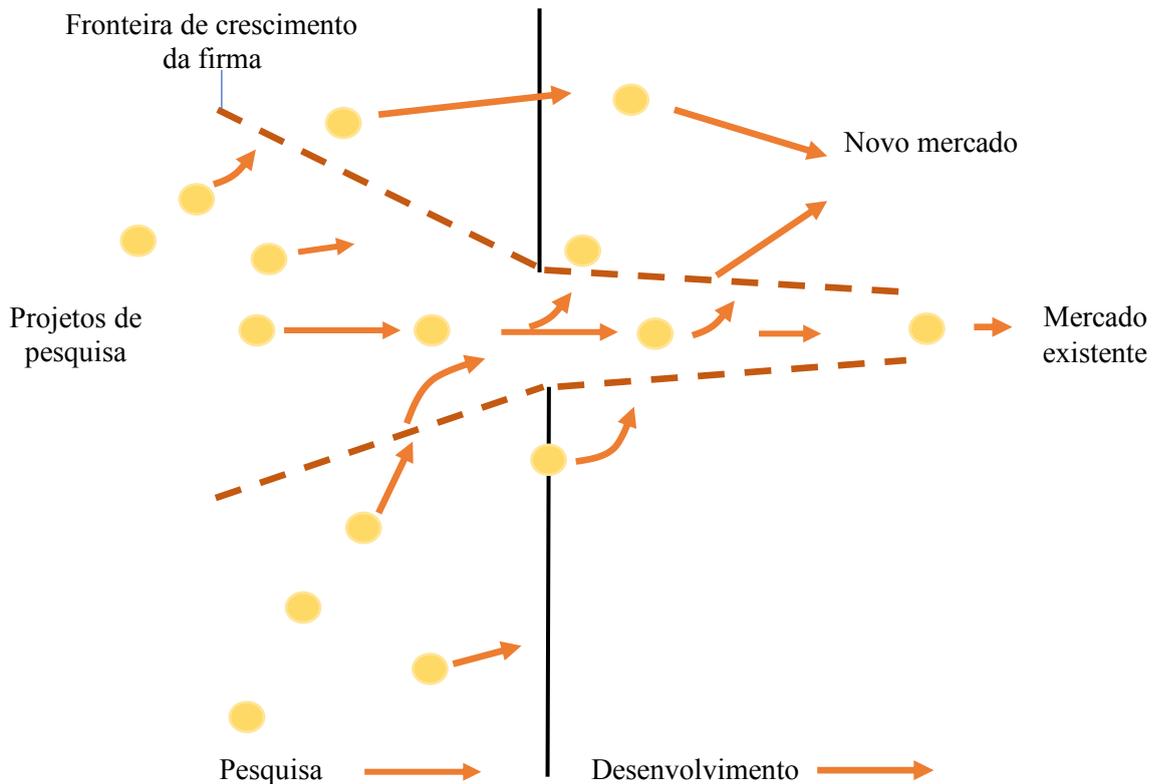
Fonte: elaboração do autor, a partir de Chesbrough (2003).

Estudos realizados durante a década de 1970 nas indústrias química e de instrumentos dos Estados Unidos mostram que a capacidade de usar fontes externas de *expertise* e consultoria científica é um dos principais determinantes do sucesso da inovação (Freeman, 1994).

A estratégia da inovação aberta foi concebida por Henry Chesbrough em seu livro *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, publicado em 2003, como uma nova maneira de desenvolver e gerir a inovação. Além de acelerar o processo de inovação, o propósito da inovação aberta é reduzir a incerteza da tecnologia e do mercado, bem como facilitar para as empresas buscarem ideias e conhecimentos externos mais do que poderiam conceber internamente (Chesbrough, 2003; Sprakel e Machado, 2020; Bigliardi *et al.*, 2020). Para tanto, a empresa desiste de direitos de propriedade intelectual, divulga seletivamente alguns conhecimentos, para incentivar outros atores a participarem do processo de cocriação de tecnologias adotadas pela empresa (Sprakel e Machado, 2020).

O pilar da inovação aberta, ilustrada por meio da Figura 5 é a absorção de conhecimento científico e tecnológico de fora para dentro da empresa, advindos de universidades, empresa e fornecedores, entre outros tipos de organização. Em outras palavras, a fronteira entre uma empresa e seu ambiente circundante é mais porosa.

Figura 5 - Representação do modelo de inovação aberta



Fonte: elaboração do autor, a partir de Chesbrough (2003).

Essa condição favorece o desenvolvimento de caminhos internos e externos por parte das empresas para comercializar ideias e inovações internas e externas. Especificamente as empresas podem comercializar ideias internas por meio de canais externos aos negócios atuais, com o objetivo de gerar valor para a organização (Chesbrough, 2003).

Ambos os modelos são adequados para eliminar projetos *falsos positivos*, ou seja, ideias improdutivas que parecem ser promissoras. Contudo, uma vantagem importante do modelo de inovação aberta é também a capacidade de selecionar projetos *falsos negativos*, ou seja, aqueles que inicialmente parecem não ser promissores, mas que se tornam aceitos no mercado (Chesbrough, 2003).

O conceito de inovação aberta ainda está em construção, mas pode ser definido como “os fluxos de entrada e saída de conhecimento intencional que permitem à empresa acelerar o seu processo de inovação, bem como expandir os mercados para a utilização externa dessa inovação” (Chesbrough, 2006, p.1).

A próxima seção aborda a importância, o papel e a relação das instituições no processo de inovação, quando esse ocorre fora das empresas.

2.6 Sistema de Inovação e Tríplice Hélice

A abordagem do Sistema de Inovação (SI) foi desenvolvida entre o final da década de 1980 e o início da década de 1990, pelos Economistas Christopher Freeman (1987), Bengt-Åke Lundvall (1992) e Richard Nelson (1993). A noção de sistema de inovação é subjacente à observação de que na economia moderna as inovações são processos não lineares que resultam da interação entre indivíduos e organizações (Johnson; Lundvall, 2013).

Um SI pode ser definido como um arranjo formado por instituições e estruturas econômicas que afetam tanto a taxa quanto a direção da mudança tecnológica na sociedade. De acordo com Nelson e Rosenberg (1993), as instituições que compõem os sistemas nacionais de informação interagem visando o desempenho inovador das empresas nacionais.

Nelson, R. e Nelson, K. (2002) identificam quatro níveis de abrangência do SI, de acordo com a localização ou setor: (a) nacional, (b) regional, setorial ou orientado para uma tecnologia específica. Freeman (1987) define Sistema Nacional de Inovação (SNI) como o conjunto de relações exercidas por diversos atores representados por instituições, com o objetivo de contribuir para o progresso tecnológico dos Estados e o desenvolvimento socioeconômico. Mais ainda, enfatizam que “sistemas nacionais de inovação”, é um conceito institucional por excelência.

Para Lundvall (1992), um SNI abrange elementos e relações que interagem na produção, na difusão e na utilização de novos conhecimentos economicamente úteis. Conforme sua visão, o SNI inclui todas as partes e aspectos da estrutura econômica e institucional que afetam o conhecimento, a exemplo de pesquisa, sistema de produção, sistema de *marketing* e financeiro. Freeman e Soete (2008) afirmam que os SNI são constituídos por diversas interações entre agentes públicos e privados que atuam nos campos da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), bem como no ensino e na difusão da tecnologia.

Nota-se que o elemento comum existente em todas as definições de SI é a interação entre distintas instituições que atuam no processo de criação e desenvolvimento das inovações tecnológicas. Os SI consistem também em um contexto institucional e cultural que proporcionam o aprendizado interativo entre pessoas e entre as empresas inseridas (Lundvall, 1992; Johnson; Lundvall, 2013).

São três as instituições básicas de um sistema nacional de inovação: o Estado, as universidades e instituições de pesquisa e as empresas. O primeiro é responsável pelas políticas públicas de ciência e tecnologia formuladas para o incentivo à inovação. As universidades e outras instituições correlatas são responsáveis pela produção e disseminação do conhecimento científico e tecnológico resultantes

de pesquisas. As empresas são responsáveis pelo investimento na transformação do conhecimento em produto ou em processo.

Para Nelson e Winter (1982), a universidade é um repositório de conhecimentos científicos e tecnológicos de caráter público, os quais são produzidos e reproduzidos inicialmente pela universidade por meio do ensino e são ampliados por meio da pesquisa.

A relevância da universidade se destaca no modelo de inovação denominado Tríplice Hélice. Esse modelo

postula que numa sociedade baseada no conhecimento as fronteiras entre o sector público e privado, a ciência e a tecnologia, a universidade e a indústria estão cada vez mais a desaparecer, dando origem a um sistema de interações sobrepostas: (a) indústria funciona como centro de produção; (b) o governo atua como fonte de relações contratuais que garantem interação e troca estáveis; e (c) as universidades são a fonte de novos conhecimentos e tecnologias. Além disso, cada esfera, embora mantendo o seu papel e identidade primários; “assume o papel do outro”, por exemplo, as universidades assumem o papel da indústria no apoio à criação de start-ups em projetos de incubadoras e aceleradoras. (Pique, Berbegal-Mirabent; Etzkowitz, 2018, p. 5).

A Tríplice Hélice consiste em uma abordagem norte-americana, introduzida na literatura na década de 1990 pelos professores Henry Etzkowitz e Loet Leydesdo. O modelo de Tríplice Hélice pode ser considerado uma forma de organização de inovação aberta, definido por Etzkowitz (2009) como um sistema de inovação e de desenvolvimento baseado no conhecimento, na aprendizagem e nas interações entre universidade, indústria e governo.

A maior relevância da universidade para a transferência de tecnologia, a formação de empresas e a renovação regional são fatores citados por Cai e Etzkowitz (2020) que a coloca numa posição fundamental na sociedade baseada no conhecimento, em detrimento diferente do seu papel secundário na sociedade industrial. Os autores concordam com a maioria das abordagens de que as empresas ou setor industrial é um elemento central na análise da inovação

Cai e Etzkowitz (2020) definem que a ultrapassagem de fronteiras, a aprendizagem interativa e a natureza evolutiva da inovação refletem a lógica básica da Tríplice Hélice. Além disso, o modelo de inovação Tríplice Hélice presta-se para estimular o crescimento econômico regional e promover o empreendedorismo e consolidar modelos de ambientes de inovação interativos.

2.7 Tecnologias Microbianas

Esta seção apresenta os principais aspectos gerais acerca de tecnologias microbianas. A microbiologia está presente na indústria mundial, principalmente nas indústrias farmacêutica, alimentícia e química. Contudo, a utilização de microrganismos como recursos tecnológicos não é recente, como observam Demain (2000) e Řeháček e Krumphanzl (1987).

O desenvolvimento da tecnologia microbiana pode ser dividido em cinco períodos que iniciaram na Antiguidade. As respectivas características desses períodos são: invenções e descobertas que forneceram bases científicas para a fermentação de bebidas e massas (antiguidade-1866); fabricação de produtos biotecnológicos puros, como etanol, butanol e acetona (1866-1940); surgimento dos antibióticos e vitaminas (1940-1960); a cultura de células *in vitro*, vacinas, proteínas forrageiras de microrganismos, aminoácidos puros, enzimas de pureza técnica (em detergentes em pó) e polissacarídeos bacterianos (1960-1975); descobertas revolucionárias da biologia molecular e da genética, que permitiram produzir mais de 40 produtos biofarmacêuticos, como a eritropoietina, o hormônio do crescimento humano e os interferons. (desde 1975). (Demain, 2000; Řeháček e Krumphanzl, 1987).

Os microrganismos são conhecidos no campo científico pela capacidade que têm de produzir moléculas. As macromoléculas são matérias como as proteínas, os ácidos nucleicos e os polímeros. As micromoléculas, mais conhecidas como metabolitos, podem ser primárias e secundárias. Os metabólitos primários são pequenas moléculas das células vivas responsáveis pelo crescimento vegetativo. Os metabólitos primários utilizados nas indústrias de alimentos e rações incluem: álcoois, aminoácidos, nucleotídeos de sabor ácidos orgânicos, polióis, polissacarídeos, açúcares e as vitaminas riboflavina e cianocobalamina. (Demain, 2000). Dentre os polissacarídeos, destaca-se a xantana, empregada para a recuperação de petróleo. Os metabólitos secundários são essenciais para a saúde e nutrição como antibióticos, biopesticidas e que são importantes para a saúde e a nutrição.

Dentre os fatores que estimularam os interesses acadêmicos e científicos pela tecnologia microbiana, os principais são: a criação e avanço do código genético e a capacidade de transferir informação genética de uma célula para outra; a previsão de esgotamento das fontes de energia, em especial os combustíveis fósseis, bem como o uso de sistemas biológicos para a reciclagem de resíduos; tendência mundial de restringir os setores químico e de engenharia como resposta ao aumento do custo da energia. (Řeháček e Krumphanzl, 1987).

Segundo Řeháček e Krumphanzl (1987, p. 65), a tecnologia microbiana pode ser definida como “um conjunto de procedimentos baseados na utilização tecnológica de processos metabólicos, seus mecanismos parciais e outros processos funcionais de organismos microscópicos.

Ainda de acordo com Řeháček e Krumphanzl (1987, p.65-66), a tecnologia microbiana “incorpora o conhecimento de última geração de vários ramos científicos, como bioquímica, biologia molecular e genética, microbiologia, fisiologia, sistemas e engenharia de processos.” Especificamente é resultado do conhecimento sobre os microrganismos e o desenvolvimento de técnicas industriais fazendo uso desse conhecimento, ao longo do tempo.

A tecnologia microbiana é abrangente, de acordo com Řeháček e Krumphanzl (1987). Inclui a produção de materiais em biorreatores, a produção de novos catalisadores por engenharia genética, bem como aspectos relativos a cuidados de saúde humana e animal, gestão de resíduos e poluição, recuperação aprimorada de petróleo, lixiviação mineral, melhoramento genético de plantas, diagnóstico e equipamentos analíticos, biossensores, bioeletrônica e sistema de energia renovável baseado em matérias-primas derivadas de biomassa.

A tecnologia microbiana pode ser aplicada nas indústrias alimentícia, de fermentação e farmacêutica, bioquímica, extração de metais, tratamento de água, processamento de resíduos industriais e domésticos (Řeháček e Krumphanzl, 1987, p. 66).

Na indústria de petróleo e gás, os tratamentos microbianos são técnicas consideradas mais eficientes para aumentar a recuperação do óleo do que as tecnologias ditas tradicionais. Outra vantagem importante é a viabilidade econômica em termos de custo/benefício, mesmo em situações de crises econômicas, como a que perdurou durante a década de 1980. Esse recurso tecnológico contribui para diminuir impactos ambientais negativos durante o processo produtivo. Sucessivas aplicações em campos de petróleo e testes em laboratório são necessárias para desenvolver ainda mais a tecnologia microbiana de recuperação de óleo (Bryant; Burchfield, 1989).

No setor petrolífero, as tecnologias microbianas são utilizadas principalmente para recuperação avançada de petróleo (*Microbial Enhanced Oil Recovery* - MEOR) e biorremediação. A MEOR consiste em uma técnica alternativa às tecnologias tradicionais – como as físicas, as químicas e térmicas. (Hadia *et al.*, 2019).

A utilização de microrganismos para a melhoria da recuperação de petróleo de meio poroso é um método antigo, proposto por J. W. Beckman, em 1926. Contudo, coube a ZoBell (1946, 1947) e seus colaboradores o desenvolvimento de métodos microbianos, a partir de

experimentos em laboratórios, que resultaram em patentes. O primeiro de inúmeros testes de campo foi realizado em Arkansas, EUA, em 1954 (Lee *et al.*, 2020). Além da consolidação de métodos baseados em bactérias indígenas, estudos e experimentos realizados a partir da década de 2010 concluíram que é possível modificar microrganismos geneticamente para fins de MEOR (GEMEOR) e recuperação de petróleo melhorada por enzimas (EEOR) (Patel *et al.*, 2015).

Segundo Udosoh e Nwaoha (2020), a MEOR é uma tecnologia biológica que consiste na manipulação da função ou estrutura, ou ambas, de ambientes microbianos existentes em reservatórios de petróleo com o objetivo de aumentar a produção de petróleo.

2.8 Conclusão do Capítulo

Neste capítulo, apresenta-se uma revisão bibliográfica exploratória com o objetivo de identificar a relação entre tecnologia e inovação no enfoque da teoria econômica neoschumpeteriana, o qual aborda tecnologia e inovação de maneira abrangente como fator determinante dos processos de mudança tecnológica que, por sua vez, provoca os processos de mudança econômica. Especificamente buscou-se estudar os seus respectivos conceitos, características, tipos, modelos de inovação fechada e aberta, para, a partir desse ponto, ser possível compreender o papel da inovação como uma vantagem competitiva fundamental.

Ao esclarecer que a inovação está associada à busca de novas tecnologias pelas organizações, Dosi (1988a, 1990) sugere que tais tecnologias geram ganhos econômicos e, portanto, possuem valor monetário. Assim, o estudo que contém este capítulo aponta para o caráter intangível da tecnologia decorrente do processo de inovação.

O papel da inovação e da tecnologia na sociedade é crucial, por ser o principal motor do sistema econômico, o qual contribui significativamente para o desenvolvimento econômico e social; ambas decorrem de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) realizados por empresas e, principalmente, por instituições de Ensino, Ciência e Tecnologia. Nesse contexto, as universidades se destacam ao produzirem novas tecnologias para transferirem às empresas.

No entanto, com as crescentes preocupações internacionais sobre mudanças climáticas e degradação ambiental, a produção de tecnologias mais limpas tende a aumentar seus impactos positivos e mitigar seus efeitos negativos por meio do desenvolvimento sustentável.

3 ATIVOS INTANGÍVEIS, DIREITO DE PROPRIEDADE E VALOR

Os ativos intangíveis são abordados em virtude do seu papel fundamental na economia. Além de sua natureza multidimensional, na prática são utilizados em diversas aplicações, e têm consequência desde a estrutura de propriedade das empresas até a distribuição de renda na economia. Nesse sentido, é essencial que seja multidisciplinar o estudo sobre os ativos intangíveis.

Revisão recente da literatura aponta um amplo conjunto de definições do que sejam os ativos intangíveis desde o final da década de 1950 (Arantes *et al.*, 2020), em razão da complexidade que se apresenta.

Os ativos intangíveis têm influência positiva no desempenho econômico e gerencial das organizações (Lev, 2001; Kayo *et al.*, 2006) conforme seus objetivos. Para isso, devem manter comportamentos alinhados com o propósito de criação de valor e sistematicamente tomarem decisões estratégicas que aumentem o valor de seu negócio (Lin; Tang, 2009) e evitem a miopia gerencial na oportunidade de definir os interesses da firma (Albarello, 2016). Por isso, torna-se crucial a compreensão dos fundamentos do valor econômico dos ativos intangíveis, definido pelas utilidades, características tecnológicas, capacidades essenciais dos pesquisadores, recursos e relações.

O objetivo deste capítulo é apresentar uma visão geral sobre os ativos intangíveis em busca de aspectos fundamentais para o campo da valoração monetária de tecnologias, com o propósito de responder à seguinte questão – *Em que contexto teórico e conceitual é coerente se atribuir valor econômico às tecnologias não patenteadas?*

Pressupõe-se que as tecnologias são ativos intangíveis específicos, cujo valor econômico independe de proteção legal sob a forma de patentes. Por ser um direito de propriedade exclusiva e temporária, é muito comum a patente de tecnologia ser valorada, uma vez que capta o valor da tecnologia (Gambardella, 2013).

O texto está organizado em seis seções, após a introdução. A primeira apresenta a metodologia utilizada para a realização do estudo. A segunda seção é dedicada ao conceito de ativos intangíveis e de direito de propriedade. A terceira aborda o conceito e as teorias do valor na perspectiva do campo do pensamento econômico. A quarta trata da distinção entre valor e preço. A quinta apresenta noções preliminares de valor da tecnologia, que é o foco da tese. Por fim, a sexta seção elenca as contribuições do capítulo.

3.1 Metodologia do Capítulo

A pesquisa contida no presente capítulo é do tipo bibliográfica (Gil, 2010; Marconi; Lakatos, 2002), metodologia planejada para o desenvolvimento de uma discussão analítica do pensamento de autores sobre determinado tema, a partir de indagações, análise e interpretação de informações obtidas em estudos e pesquisas acadêmicos e científicos publicados. Esse tipo de pesquisa é indicado para a obtenção de um conjunto maior e mais variado de informações, em relação ao levantamento de dados primários ou quando esses se referem a fatos passados, os quais somente são conhecidos por meio de fontes bibliográficas. Nesta pesquisa se utiliza referências dos campos da Economia, Finanças, Contabilidade e Gestão.

Esta pesquisa utiliza a revisão narrativa da literatura, ou revisão tradicional (Cordeiro *et al.*, 2007; Stratton, 2019), técnica utilizada para estabelecer uma teoria e o contexto ou para justificar um foco de pesquisa. Esse modelo de revisão, em contraste com a sistemática, prescinde de critérios rigorosos, detalhados e explícitos para a sua execução em todas as etapas, a começar pelo tema, que não precisa ser delimitado; além disso, possibilita se ter mais de uma questão focal. Apesar de a revisão narrativa ser adequada para o estabelecimento de arcabouços teóricos e conceituais de teses, é fundamental o cuidado para se evitar uma análise com potenciais vieses devido à subjetividade do investigador diante de uma técnica muito flexível.

Tal revisão da literatura, neste capítulo, é realizada em duas etapas: escolha da temática, levantamento da literatura; e interpretação e análise das informações. A escolha do tema, *definição conceitual de valor econômico da tecnologia na relação entre ativos intangíveis e direito de propriedade intelectual* tem como critério os elementos epistemológicos (subjetividade e aspectos cognitivos) e metodológicos (pressupostos e objetivo) da tese.

O levantamento da literatura consiste em uma busca de teses, livros e artigos publicados em periódicos científicos no período 1996-2021, disponibilizados nas seguintes plataformas: Scopus, SD, *WoS* e Google Scholar.

3.2 Conceito e Características dos Ativos Intangíveis

O termo *intangível* tem sua origem no latim *tangere*, ou no grego *tango*. Embora o significado de ambos seja *tocar*, os ativos intangíveis são incorpóreos e não monetários. Revisão recente da literatura aponta para um elemento essencial de um amplo conjunto de definições do que sejam os ativos intangíveis – a identificação de algum tipo de

imaterialidade de recursos organizacionais específicos ou ainda de algum tipo de *estrutura subjacente* que gera valor.

Os ativos intangíveis são conhecidos também por ativos invisíveis, ativo ou capital intelectual (Pastor *et al.*, 2017), propriedade intelectual e ativos de conhecimento (Perez; Famá, 2006; Nichita, 2019). Emprega-se, nesta tese, assim como em Pastor *et al.* (2017), o termo ativo intangível como sinônimo de capital intelectual, intangíveis e ativos de conhecimento.

Os ativos intangíveis são abordados pelo menos em quatro áreas teóricas: Visão Baseada em Recursos (RBV - *Resource-based View*), Finanças corporativas, Contabilidade e Economia. Na abordagem da RBV, os ativos intangíveis são recursos estratégicos valiosos, raros, insubstituíveis e inimitáveis, características particulares que os torna capazes de proporcionar à empresa que os possui obter ou manter vantagem competitiva sustentável no mercado no longo prazo (Barney, 1991) e lucros extraordinários (Kayo *et al.*, 2006).

Ativos intangíveis são um tema tratado tanto do ponto de vista científico quanto em legislações, outra razão que poderia explicar a variedade de definições. Percebe-se que custo com significado de despesa, amortização, impostos e depreciação são os elementos que mais aparecem nos conceitos de ativos intangíveis oferecidos pela Contabilidade.

O *International Accounting Standard Board* (IASB) define ativos intangíveis como aqueles sem corpo físico, cujo valor que não é convertido para as substâncias físicas que esses possuem. Um exemplo mencionado pela IASB são os *softwares*, que não são razoavelmente mensurados em relação ao custo dos disquetes que o contém (Epstein; Mirza, 2004).

Blair, Hoffman e Tamburo (2001) definem-os como os bens e direitos sem lastro físico ou financeiro. Para Lev (2001), o ativo intangível é um direito do titular a ganhos futuros. Conforme o autor, o ativo intangível é imaterial e resulta de inovações.

Conforme Kayo (2002, p.14), os ativos intangíveis representam um conjunto estruturado de conhecimentos, práticas e atitudes da empresa o qual, interagindo com seus ativos tangíveis, contribui para a formação do valor das empresas. Para Niculita, Popa e Caloian (2012), esses ativos interferem também no desempenho das empresas, particularmente quando os negócios envolvem elevada criatividade ou são baseados em ciência. Para o CPC (2010), os ativos intangíveis são não monetários, não têm corpo físico,

são identificáveis ou separáveis¹, controlados e com potencial gerador de benefícios econômicos futuros. A separabilidade significa que o ativo deve poder se separar das empresas por meio de venda, aluguel ou transferência ou licenciamento, ou deve surgir de direitos contratuais ou legais, independentemente da intenção de uso.

Segundo a OECD (2021, p. 4), ativos intangíveis são ativos sem substância física por meio dos quais ocorrem a comercialização do conhecimento e são amplamente reconhecidos como a principal fonte de crescimento futuro. Após exaustiva revisão da literatura aderente aos objetivos do presente trabalho, entende-se que o conceito da OECD (2021) representa um consenso entre a maioria dos estudiosos para o conceito de ativos intangíveis.

Aqui, a compreensão é a de que a variedade de conceitos e definições de ativos intangíveis possivelmente resulta das características específicas desse tipo de ativo.

Kayo *et al.* (2006) e Lev (2001) pontuam três características: singularidade, não-rivalidade e capacidade de escala. A singularidade identifica os ativos intangíveis como um fator de diferenciação, uma vez que pertencem exclusivamente a organização única. A característica não-rivalidade está relacionada à capacidade de um ativo poder ser utilizado de diversas formas ao mesmo tempo. A capacidade de escala se refere à utilização do ativo intangível caso ocorra expansão da capacidade produtiva da empresa.

Segundo Teece (2002), são características dos ativos intangíveis: exclusividade, velocidade de depreciação, custos de transferência, facilidade de reconhecimento de oportunidades de transação, divulgação de seus atributos, variedade e extensão e a coerção (*enforcement*) dos direitos de propriedade.

Finalmente, de acordo com a OECD (2021, p. 5) são aspectos característicos dos ativos intangíveis – retornos incertos, não rivalidade, grandes sinergias e baixa redistribuição – os quais contribuem para aumentar as assimetrias de informação e dificultar seu uso como garantia, de modo que seu financiamento é mais complexo do que o dos ativos tangíveis. Também, conforme a OCDE (2021), os ativos intangíveis também têm o potencial tanto para aumentar a resiliência das economias a choques, por intermédio da exploração da flexibilidade do uso de tecnologias digitais, quanto para aumentar a aceleração do crescimento da produtividade observada nas economias (OECD, 2021).

¹ A definição de ativo intangível requer que ele seja identificável, para diferenciá-lo do *goodwill*, ou seja, o ágio derivado da expectativa de rentabilidade futura. O *goodwill* reconhecido em uma combinação de negócios é um ativo que representa benefícios econômicos futuros gerados por outros ativos adquiridos em uma combinação de negócios, os quais não são identificados individualmente e reconhecidos separadamente. Tais benefícios econômicos futuros podem advir da sinergia entre os ativos identificáveis adquiridos ou de ativos que, individualmente, não se qualificam para reconhecimento em separado nas demonstrações contábeis (CPC, 2010).

3.2.1 Classificações dos ativos intangíveis

A diversidade de classificações dos ativos intangíveis reflete o elevado número de conceitos atribuídos. Nichita (2019) entende que essas classificações variam de acordo com o objeto e a finalidade de estudo.

Blair, Hoffman e Tamburo (2001) classificam os ativos intangíveis em três categorias: direito de propriedade intelectual e contratos formais; ativos organizacionais ou estruturais; e capital humano e relacional. Os direitos de propriedade intelectual e contratos formais são os ativos intangíveis de propriedade da empresa e podem ser negociados, tais como patentes, marcas, publicações, desenhos de *software*, bases de dados, contratos de execução, acordos, licenças, franquias, quotas de produção, cláusulas de não-competição com os principais executivos. Os ativos organizacionais ou estruturais são controlados pela empresa e somente podem ser vendidos conjuntamente com outros (cultura organizacional, processos de gestão, processos de P&D, sistemas de comunicação, capacidade inovativa). O capital humano e relacional engloba os ativos intangíveis de propriedade da empresa, mas sob os quais a empresa tem alguma influência (habilidades dos gestores, coesão da equipe, conhecimento especializado dos empregados, reputação, base de clientes, satisfação dos consumidores, alianças estratégicas, redes de relacionamento, percepção dos consumidores quanto à qualidade dos produtos e serviços).

Lev (2001) classifica os ativos intangíveis em quatro categorias: *capital organizacional*, incluindo processos de negócios, cultura corporativa, mapa da empresa, estruturas; *recursos humanos*; *ativos relacionados a clientes*, como marcas e; *descoberta-aprendizagem*, ou seja, custos de pesquisa e desenvolvimento.

Kayo *et al.* (2006) propõem uma taxonomia dividida em quatro categorias: ativos humanos, ativos de inovação, ativos estruturais e ativos de relacionamento com públicos estratégicos. Os ativos de inovação abrangem os ativos de P&D, patentes, fórmulas secretas, *know-how*, entre outros. Os ativos de inovação relevantes para esta tese são P&D, patentes, *know-how* tecnológico e fórmulas secretas, entre outros (Kayo *et al.*, 2006, p. 78). Wyatt (2008) defende a taxonomia: recursos de tecnologia (investimento em P&D e propriedade intelectual), recursos humanos e recursos de produção (marcas, fidelidade dos clientes).

O CPC (2010), por sua vez, oferece uma tipologia mais ampla e inclui conhecimento científico ou técnico, projeto e implantação de novos processos ou sistemas, licenças, propriedade intelectual, conhecimento mercadológico, nome, reputação, imagem e marcas registradas. São exemplos de itens que se enquadram nessas categorias: *softwares*, patentes,

direitos autorais, direitos sobre filmes cinematográficos, listas de clientes, direitos sobre hipotecas, licenças de pesca, quotas de importação, franquias, relacionamentos com clientes ou fornecedores, fidelidade de clientes, participação no mercado e direitos de comercialização.

Diante da diversidade de taxonomias, esta tese propõe a seguinte classificação.

Quadro 4 - Proposta de classificação de ativos intangíveis

Categoria de Ativos	Ativos Intangíveis
Ativos Intangíveis Humanos	<ul style="list-style-type: none"> • conhecimento especializado; • capacidade, habilidade e experiência; • treinamento e desenvolvimento;
Ativos de Inovação e <i>know-how</i>	<ul style="list-style-type: none"> • pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I); • tecnologia não patenteada; • patentes; • fórmulas secretas;
Ativos Intangíveis Estruturais e Organizacionais	<ul style="list-style-type: none"> • <i>softwares</i> comerciais; • bancos de dados • informações estratégicas; • sistemas de comunicação e informação; • sistemas administrativos; • canais de mercado; • cultura organizacional ou corporativa; • processos de gestão; • regras, normas e rotinas.
Ativos Intangíveis Relacionais	<ul style="list-style-type: none"> • marcas; • logos; • contratos com clientes e fornecedores; • contratos de licenciamento e franquias; • direitos de exploração mineral, de água <i>etc.</i> • reputação; • clientes; • satisfação dos consumidores; • alianças estratégicas.

Fonte: elaboração do autor.

Segundo Becker (2011), o capital humano geralmente consiste em capacidade do funcionário, conhecimento, inovação, adaptabilidade, experiência e educação (Pastor *et al.*, 2017) ou em recurso gerado pelo investimento em funcionários (Wyatt, 2008, p. 6). O conhecimento implícito e tácito são componentes importantes do capital humano e o conhecimento explícito é parte importante do capital estrutural (Pastor *et al.*, 2017).

O capital relacional, por sua vez, inclui relacionamentos com clientes e fornecedores, reputação da empresa, marca, canais de distribuição etc. O capital estrutural, segundo Edvinsson e Malone (1997, p. 11), é “tudo o que fica no escritório quando os funcionários vão para casa”, a exemplo de bancos de dados, estrutura organizacional, processos de negócios etc. (Pastor *et al.*, 2017).

A patente envolve as dimensões econômica, tecnológica e jurídica. A característica multidimensional das patentes resulta de aperfeiçoamentos no sistema de patentes. Como afirma Penrose (1951), o sistema de patentes é uma instituição social cuja forma e função são modificadas ao longo do tempo. A autora define o sistema de patentes como o conjunto de atos normativos, leis, práticas, costumes, convenções internacionais que preconizam procedimentos, princípios éticos e outros aspectos relacionados ao patenteamento de inventos.

Segundo Penrose (1951), as patentes são justificadas por três motivos: convencer os inventores a revelarem os seus segredos; estimular a geração e a adoção de invenções; e proteção do interesse nacional.

3.2.2 Influência dos ativos intangíveis no desempenho das empresas

Observa-se consenso entre a maioria dos autores de que é positiva a relação entre ativos intangíveis e desempenho econômico-financeiro das empresas (Lev, 2001; Pérez; Famá, 2015; Dobre, 2013; Grzes-Buklaho, 2018; Lim; Macias; Moeller, 2020).

Kayo *et al.* (2006) destacam que a influência dos ativos intangíveis sobre o valor econômico das empresas varia de acordo com o setor de atividade, o ciclo de vida do produto, o ciclo de vida da empresa e a missão da empresa. Para os autores, enquanto o valor das empresas do setor farmacêutico pode ser muito influenciado pelos ativos intangíveis concernentes à P&D, o das empresas de bens de consumo pode ser muito influenciado pelo valor da marca.

No contexto da concorrência capitalista, os ativos intangíveis se destacam como fatores de diferenciação e de vantagens competitivas (Perez; Famá, 2006) e seu impacto no desempenho das empresas reflete a sua relevância técnica e econômica.

Em termos de estratégia,

Empresas bem-sucedidas possuem uma ou mais formas de ativos intangíveis, como know-how tecnológico ou gerencial. Com o tempo, esses ativos podem se expandir além do ponto de reinvestimento lucrativo no mercado tradicional de uma empresa. Consequentemente, a empresa pode considerar a implantação de seus ativos intangíveis em diferentes produtos ou mercados geográficos, onde os retornos esperados são maiores, se existirem modos de transferência eficientes [...]. (Teece, 1984, p. 95),

Para Lim, Macias e Moeller (2020), os ativos intangíveis constituem a maior proporção do valor econômico das empresas. O estudo empírico de Lev (2001), um dos mais citados na literatura sobre o assunto, comprova essa constatação. O autor analisa dados de

empresas norte-americanas com o índice do mercado norte-americano de capitais S&P 500². Esse índice é medido por meio do quociente preço da ação no mercado ÷ valor contábil por ação, também conhecido como *market-to-book*. No começo dos anos 1980, a participação do valor de mercado do conjunto das empresas era quase igual ao valor dos seus ativos registrados em demonstrações contábeis. A conclusão de Lev (2001) é a de que a participação dos ativos intangíveis aumentou em relação a dos tangíveis, na proporção de 1 para 6 entre os anos 1980-2001.

Aguiar *et al.* (2021) discutem o desempenho econômico de 30 empresas de capital aberto brasileiras, a partir de dados do período 2012-2016. Os resultados mostram que o desempenho das companhias intensivas em ativos intangíveis supera as intensivas em ativos tangíveis na maior parte dos indicadores *Return on Equity* (ROE), *Return on Assets* (ROA), *Operating Margin* (OM), *Market Value Added* (MVA) e Lucro por Ação (EPS).

Segundo Perez e Famá (2006), os ativos intangíveis proporcionam às empresas maior competitividade, diferencial de mercado e, por consequência, maiores retornos em lucratividade e rentabilidade do que poderiam promover os ativos tangíveis. Apesar disso, os ativos intangíveis são complementares às competências organizacionais para uma gestão eficaz por meio de parcerias e inovações que permitam ganhos futuros. Teece (2002) esclarece que o impacto dos ativos intangíveis no desempenho das empresas é possível em estruturas de conhecimento e competência, relacionados principalmente em países desenvolvidos. Esse autor salienta que o conhecimento e as habilidades se baseiam nas experiências individuais, mas se concretizam em competências organizacionais da empresa se existir uma estrutura física, social e de alocação de recursos. Trata-se de uma estrutura de elementos interrelacionados, a qual esse autor denominou *dynamic capabilities*, ou seja, a capacidade da empresa de coordenar a utilização dos seus ativos intangíveis.

O CPC (2010, p. 1) afirma que um ativo intangível é separável, isto é, capaz de ser separado ou dividido da entidade e vendido, transferido, licenciado, alugado ou trocado individualmente ou em conjunto com um contrato, ativo ou passivo relacionado, resultar de direitos contratuais ou de outros direitos legais, sejam transferíveis ou separáveis da entidade ou de outros direitos e obrigações.

²Índice S&P 500 reúne cerca de 500 empresas de capital aberto domiciliadas nos Estados Unidos da América, listadas na Bolsa de Valores de Nova York (NYSE) e na Bolsa Nasdaq.

3.3 Direito de Propriedade Intelectual

Segundo Araújo (2010), a propriedade intelectual é um conjunto de garantias e obrigações relativas às manifestações do conhecimento e seus reflexos sociais, culturais, políticos e econômicos. O autor enfatiza o interesse de investidores em P&D de produtos e processos inovadores quando o sistema legal sobre propriedade intelectual possui elevado nível de consistência.

O direito à propriedade intelectual garante ao titular da proteção o uso exclusivo de ativos intangíveis e os benefícios econômicos futuros durante um período que varia de acordo com o tipo de proteção e a legislação vigente. Dessa forma, os criadores ou inventores são reconhecidos por suas criações e ao titular é garantido também o direito de desvincular ativos intangíveis, bem como a liberdade de transferir esses direitos para outros proprietários (Bochańczyk-Kupka, 2019).

A propriedade intelectual impacta o crescimento e o desenvolvimento econômico ao estimular a entrada de novos investimentos internos e externos, a geração de novas tecnologias, a formação de recursos humanos em P&DI, a abertura de novas linhas de pesquisas e abertura de empresas.

A propriedade intelectual, conforme Wipo (2016, p. 3), abarca obras literárias, artísticas e científicas; apresentações de artistas performáticos, fonogramas e transmissões; invenções em todos os campos da atividade humana; descobertas científicas; desenhos industriais; as marcas registradas, marcas de serviço e nomes e designações comerciais; proteção contra a concorrência desleal; e demais direitos resultantes da atividade intelectual nos campos industrial, científico, literário ou artístico.

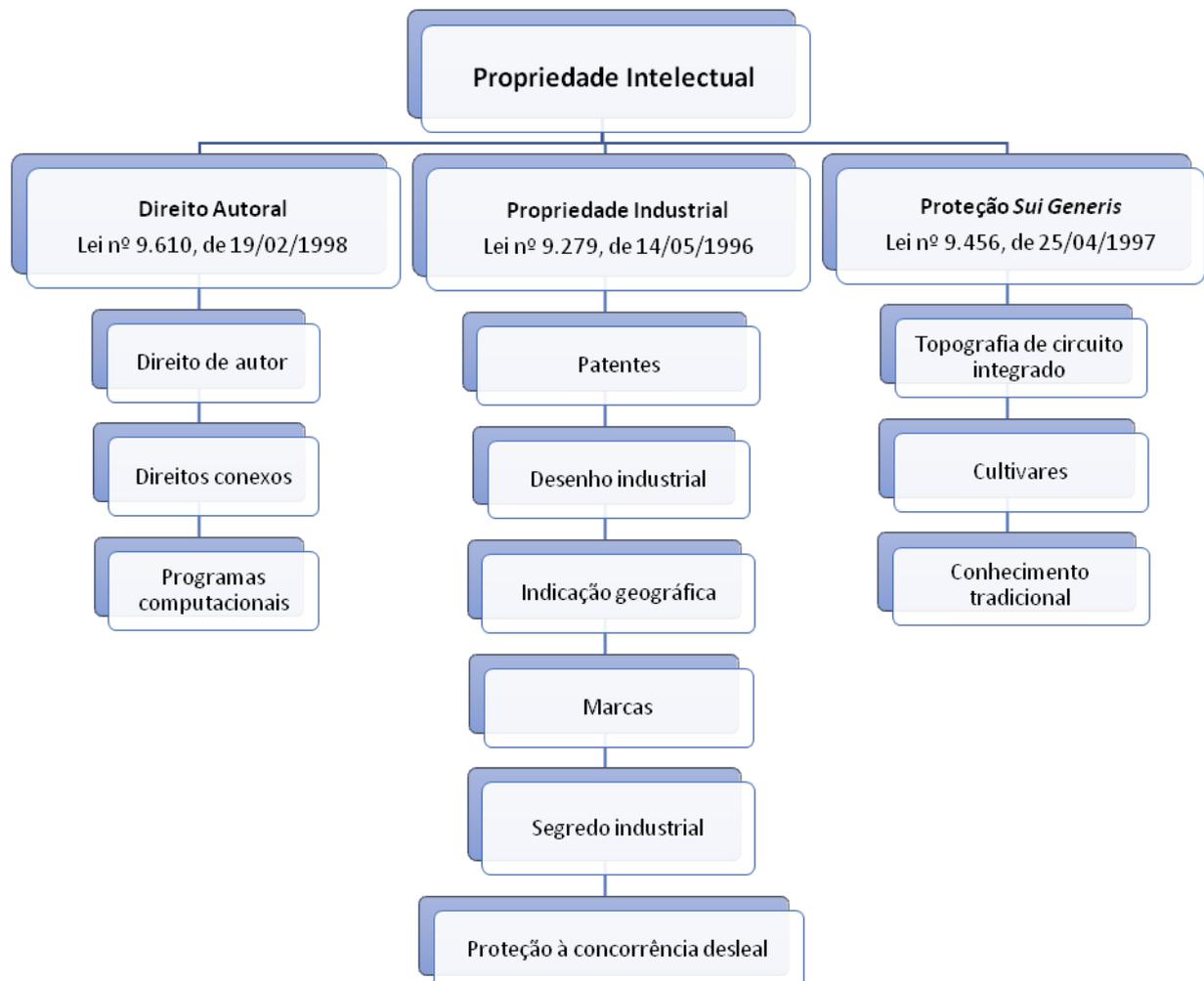
O Acordo sobre Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (*Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights*) engloba direitos autorais e direitos conexos; marcas comerciais e marcas de serviço; indicações geográficas; desenhos industriais; patentes, incluída a proteção de novas variedades de plantas; projetos de *layout* de circuitos integrados; informações não divulgadas, incluídos segredos comerciais e dados de teste (Bochańczyk-Kupka, 2019).

No Brasil, o direito de propriedade intelectual divide-se em três tipos: direito autoral, propriedade industrial e proteção *sui generis*, os quais são apresentados na Figura 6.

O **direito autoral** se refere a direito de autor, direitos conexos e programas computacionais. São exemplos de direito autoral as obras literárias, artísticas, científicas, conferências, sermões, adaptações, traduções, apresentações de artistas performáticos,

fonogramas e transmissões (Wipo, 2016, p. 3). O direito de propriedade industrial inclui as invenções patenteadas, desenho industrial, marca, indicação geográfica, segredo industrial e proteção contra a concorrência desleal (Wipo, 2016, p. 3). **Proteção *sui generis*** inclui topografia de circuitos integrados, cultivares e conhecimentos tradicionais.

Figura 6 - Tipos de propriedade intelectual no Brasil



Fonte: elaboração do autor.

Segundo Hanel (2006), a proteção e o gerenciamento da propriedade intelectual são tratados a partir de ordenamentos jurídicos específicos, tanto em relação aos países quanto por tipo de ativo intangível. No Brasil, a propriedade intelectual é regida pela Lei 9.279, de 14 de maio de 1996. O Instituto Nacional da Propriedade Intelectual (INPI), autarquia federal, é o órgão responsável pela concessão dos direitos de propriedade intelectual, além de proteger e estimular as inovações para manter a competitividade nos setores produtivos. O país possui leis para cada tipo de ativo intangível. A inovação tecnológica, por exemplo, é regulada por

duas normas: a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, e a Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005.

A proteção legal à propriedade intelectual impede a exploração aleatória e oportunista dos ativos intangíveis. A proteção do conhecimento originado de inovação aberta, por exemplo, importa por ser um ativo corporativo que precisa ser gerido e protegido em função da garantia ao direito de diferenciação no processo concorrencial.

No Brasil, contudo, segundo Faria *et al.* (2016), permanecem poucos os pedidos de titularidade de ativos intangíveis por universidades, apesar do seu papel preponderante. Para os autores, a cultura da propriedade intelectual ainda não está amplamente difundida e enraizada no ambiente acadêmico, o que contribui para que a maioria das pesquisas desenvolvidas em universidades não cheguem ao mercado.

3.4 Noção Econômica de Valor

Esta seção apresenta um panorama das concepções do *valor* que propõem as correntes de pensamento econômico, bem como as diferenças entre valor e preço e entre valoração e precificação. Busca-se identificar aspectos importantes que sirvam para definir um conceito próprio de *valor de tecnologia* em conformidade com o modelo de valoração que se propõe no item 3.5. O levantamento, baseado em uma revisão narrativa de literatura, é importante porque o foco dos conceitos de valor conhecidos são os bens tangíveis em geral, em detrimento dos intangíveis e das tecnologias, em particular, uma vez que cada aporte metodológico se apoia em uma noção diferente de valor.

O significado de *valor* ultrapassa significativamente as noções semânticas de apreço e estima por algo ou alguém – como consta nos dicionários – e passa a ser um conceito ubíquo, amplo e difuso (Haksever; Chaganti; Cook, 2004) à medida que adquire novos significados conceituais em diferentes contextos de análise. A noção de valor tem passado por muitas mudanças no que concerne ao seu exato significado. Apesar do reconhecimento dessa abrangência, como relata Sidorchuk (2015) em sua revisão da literatura do valor de *marketing*, alguns autores evitam fornecer em suas análises uma definição de valor ou o fazem sem clareza, talvez devido à complexidade terminológica do conceito.

Haddadi *et al.* (2016) e Kaczmarska *et al.*, (2021) afirmam que o conceito de valor é associado ao contexto de estudo. Nos campos das ciências sociais e humanas, o termo aparece com frequência na posição de tema ou categoria chave em investigações nas quais cada aporte teórico e metodológico se apoia em uma noção diferente de valor (Sidorchuk, 2015).

Além das determinações econômicas e políticas, pode-se acrescentar aspectos ideológicos, científicos e crenças. Portanto, é possível concluir que o entendimento do conceito de valor para aplicação a tecnologias deve contribuir para o desenvolvimento, combinação ou adaptação de modelos de valoração consistentes, robustos e confiáveis. A evidência é que os conceitos de valor conhecidos dizem respeito a bens tangíveis em geral, em detrimento dos intangíveis e das tecnologias, em particular, pois cada aporte metodológico de valoração se apoia em uma noção diferente de valor.

A fisiocracia – primeira Escola de Pensamento econômico, representada por François Quesnay, Richard Cantillon e Anne Robert Jacques Turgot – postula que o valor tem sua origem no excedente agrícola, e a terra, como recurso natural, tem papel fundamental, pois interfere na produtividade. O trabalho agrícola passa a ser o único responsável em gerar excedente. O valor das mercadorias equivale ao custo de produção e se manifesta na relação entre oferta e demanda de mercado; em outras palavras, a mercadoria possui valor quando o seu preço de venda excede os custos de produção.

A Escola Clássica surge em meados do século XVIII, na Inglaterra, no contexto da Revolução Industrial, em oposição ao princípio da intervenção governamental na economia. Adam Smith, autor de *A Riqueza das Nações*, publicado pela primeira vez em 1776, no capítulo II do volume I introduz a questão do valor, ao abordar que da divisão do trabalho derivam inúmeras vantagens, em especial negociar e trocar coisas. Em outras palavras, os bens que resultam do esforço do trabalho são trocáveis. Smith (1996) considera que o valor é determinado por condições de produção, em que o custo do trabalho equivale ao valor dos bens e serviços de que os trabalhadores necessitam para a sua sobrevivência. Smith (1996) acredita que as mercadorias possuem, ao mesmo tempo, um valor de uso e um valor de troca. O valor de uso expressa a utilidade de um objeto para atender a alguma necessidade humana de quem o adquire para o seu próprio consumo. O conceito de utilidade diz respeito às características intrínsecas de cada objeto.

Segundo Smith (1996, p. 85-86), o valor tem dois significados. O valor de uso, que se refere à utilidade de determinado objeto. O valor de troca expressa o poder de compra do referido objeto em relação a outras mercadorias, ou seja, o preço definido no mercado.

Portanto, na teoria do valor-trabalho desenvolvida por Smith (1996) o trabalho é a unidade de medida real do valor de troca das mercadorias. O valor de troca seria a quantidade de trabalho que uma mercadoria pode comprar e comandar. O trabalho em Smith (1996) é uma unidade de medida independente, que representa o esforço coordenado do trabalhador, variável e de caráter produtivo, ou seja, aquele realizado seja na agricultura, na indústria ou

no setor de transporte. Outra conclusão importante é o fato de que o valor criado (uma espécie de renda) do objeto resultante do trabalho produtivo é distribuído entre os agentes.

Mill (1996) diverge parcialmente da visão de Smith (1996) e defende que todos os bens têm alguma utilidade, convergem para algum fim e satisfazem a alguma necessidade. O valor está associado a alguma dificuldade econômica para obtenção do bem.

Ricardo (1996, p. 23-48), apesar de se inspirar no pensamento de Smith (1996), argumenta que a utilidade não é a medida de valor de troca, embora seja fundamental. Para que uma mercadoria tenha valor de troca é necessário que possua valor de uso, independentemente da sua escassez e da quantidade de trabalho para obtê-la. Ricardo (1996, p. 23) define que o valor de uma mercadoria, a quantidade pela qual pode ser trocada por outra depende da quantidade relativa de trabalho necessário para sua produção e não da maior ou menor remuneração paga por esse trabalho. Na visão ricardiana, para que sejam trocadas no mercado, a característica da utilidade é essencial para as mercadorias, mas a utilidade não determina o valor de troca. A utilidade ressalta a importância da escassez e a quantidade de trabalho necessária para produzi-las. A utilidade e a escassez não consistem em fundamentos do valor.

O valor de troca é determinado pela quantidade de trabalho incorporado a essas mercadorias. Segundo Ricardo (1996), trabalho incorporado compreende trabalho qualificado e trabalho acumulado. O trabalho qualificado se refere ao trabalho humano realizado na produção corrente, enquanto o trabalho acumulado é o somatório de todos os trabalhos anteriores realizados em várias etapas da produção do capital. O capital assume a forma circulante, como os fundos de lucros, e o capital fixo corresponde às máquinas, aos equipamentos e às edificações.

Marx (1996), em *O capital*, se distancia das concepções anteriores ao advogar que o valor comporta trabalho contido e preço de produção, ou seja, o tempo médio de trabalho socialmente necessário para a produção da mercadoria. Para Marx (1996), não existe relação direta entre utilidade e valor das mercadorias, a qual deve ter, necessariamente, um valor de uso, mas o seu valor não é determinado por sua utilidade.

Outra contribuição vem da Escola Neoclássica, que aborda o valor com base no conceito de utilidade marginal. Tal escola surgiu em 1870, no contexto da Segunda Revolução Industrial, e se estendeu até 1929, com o desencadeamento da maior crise financeira nos Estados Unidos, a qual alcançou todas as economias do mundo. Nessa abordagem, o valor de cada bem depende da utilidade específica que proporciona a cada um dos diferentes consumidores, em vez da utilidade geral. Identifica-se nessa definição o subjetivismo, uma

vez que cada consumidor atribui um valor ao bem conforme sua avaliação. A utilidade decresce à medida que novas unidades do bem é consumida em um período.

Nesse sentido, Jevons (1996) argumenta que o valor depende totalmente da utilidade e que é possível quantificá-la. O trabalho determina o valor indiretamente em caso de “variação do grau de utilidade da mercadoria por meio de um aumento ou imitação da oferta” (p. 47). Para o autor, a utilidade não é uma qualidade intrínseca dos bens, mas decorre de fatores externos com os quais se relaciona, o que provoca alterações de acordo com o comportamento da oferta e da demanda do mercado.

Menger (2017) admite que a satisfação obtida por um indivíduo ao consumir um bem é avaliada subjetivamente a partir da utilidade da unidade adicional ou marginal desse bem, baseado nos princípios da racionalidade ilimitada e da maximização. Esse autor corrobora Jevons (1996) e Walras (1996) quanto ao valor depender da utilidade desse bem.

Walras (1996) expande o debate sobre o valor em sua Teoria do Equilíbrio Geral. Para o autor a utilidade marginal decrescente pode ser expressa como medida numérica do valor. Contudo, o consumo depende do nível de renda – ou orçamento – do consumidor, condição que afeta o aumento da utilidade, por ser impossível consumir além do limite de renda.

Marshall (1996) introduz à teoria do valor-trabalho a análise de curto prazo, que consiste na prevalência dos determinantes da demanda em relação aos custos de produção. A demanda dos bens depende do preço desse bem e dos seus substitutos, preferências do consumidor. Isso significa que o valor depende de fatores objetivos e subjetivos simultaneamente. A oferta e a procura de mercado são condições indispensáveis ao valor e ao preço finais de determinado bem, pois cada indivíduo escolhe a alternativa que lhe proporciona o maior benefício líquido final, isto é, o preço marginal da demanda do bem menos o preço marginal dos fatores de produção.

A teoria econômica contemporânea não aborda o tema de maneira sistemática, análogo ao pensamento clássico. Ao analisar as visões de Ricardo (1996) e de Marx (1996) sobre o valor, Schumpeter (1996) argumenta que o funcionamento da teoria do valor requer necessariamente que o trabalho seja homogêneo e o único fator de produção. Em relação ao valor de uso, Schumpeter (1996) faz uma conexão importante entre preço, dinheiro e valor dos bens. Para o autor, antes de ir ao mercado, cada *indivíduo* estima o seu consumo com base no poder de compra da sua renda, que se ajusta ao valor que atribui aos bens dos quais necessita para a satisfação das suas necessidades.

Seguindo em outra direção, Keynes (1996) acredita que a teoria do valor-utilidade também deveria aportar fundamentos macroeconômicos, em vez de ser exclusivamente microeconômicos, como fazem os clássicos.

Embora as abordagens econômicas do valor se refiram a bens tangíveis, a partir da análise exposta entende-se que a noção de valor subjacente à abordagem da valoração monetária de ativos intangíveis está associada ao conceito de utilidade, tanto no sentido de escassez ou raridade quanto de custo. Quanto à escassez ou raridade, cada tecnologia é única até que surjam inovações a partir dessa e não é produzida em larga escala. Por outro lado, os benefícios econômicos que uma tecnologia pode gerar é proporcional ao custo marginal do seu uso ao longo do tempo. A produtividade diminui à medida que o ciclo de vida tecnológico avança. O valor seria o benefício permitido pelo ativo intangível além do necessário para estimular a sua transferência acima do custo de oportunidade mais vantajosa para o emprego dos mesmos insumos. Essa característica do valor econômico pode justificar a sua utilização como base para a cobrança de *royalties*, pois não provocaria distorções nas decisões de investir em inovação e tecnologias. A seguir o esboço dos principais aspectos conceituais do valor aqui expostos.

Quadro 5 - Abordagens do valor na história do pensamento econômico

Escola	Abordagem	Principais Autores	Foco
Fisiocracia (1750 a 1776)	Sem proposta de uma teoria	<ul style="list-style-type: none"> • Francois Quesnay • Anne Robert Jacques Turgot 	<ul style="list-style-type: none"> • Distinção conceitual: valor de uso e valor de troca
Clássica (1776 a 1871)	Teoria objetiva Teoria do Valor Trabalho	<ul style="list-style-type: none"> • Adam Smith • Jean Baptiste Say • Stuart Mill • David Ricardo • Karl Marx 	<ul style="list-style-type: none"> • Abrangência de análise: macroeconômica • Foco: produção • Problema: geração e distribuição da riqueza. • Princípios: divisão do trabalho. • Causa do valor: trabalho e custo de produção.
Neoclássica (1871 a 1930)	Teorias subjetivas Teoria do Valor-Utilidade	<ul style="list-style-type: none"> • William Jevons • Léon Walras • Carl Menger • Alfred Marshall 	<ul style="list-style-type: none"> • Abrangência de análise: microeconômica • Foco: consumo • Problema: alocação ótima de recursos para fins alternativos. • Princípios: custo de oportunidade e custo marginal. • Causa do valor: utilidade
Economia Contemporânea (1930 a 2022)	Sem proposta de teoria	<ul style="list-style-type: none"> • John Maynard Keynes 	<ul style="list-style-type: none"> • Oferta e demanda agregadas condicionam o valor e o preço dos bens e serviços.

Fonte: elaboração do autor.

3.4.1 Diferença de valor e preço

Valor e preço estão relacionados, mas são conceitos diferentes e possuem aplicações distintas. Conforme Mill (1996), o preço consiste no valor de um objeto em termos da quantidade de dinheiro pela qual o objeto é trocado por outro. Valor, ou valor de troca, concerne ao seu poder de compra, ou seja, o comando ou direito que a sua posse dá sobre bens ou mercadorias compráveis em geral. O preço é suscetível a flutuações causadas por mudanças na demanda e na oferta e pode gerar inflação em qualquer período histórico da humanidade e em qualquer país de economia capitalista. Segundo Mill (1996),

O preço em dinheiro de todas as mercadorias pode subir. Mas não pode haver um aumento geral de valores. Seria uma contradição terminológica. O valor de A só pode aumentar pelo fato de A ser trocado por uma quantidade maior de B e C, caso em que B e C devem valer uma quantidade menor de A (Mill, 1996, p. 9).

O valor de um bem é a medida relativa da importância social desse bem. Por outro lado, o preço é a expressão monetária do valor do bem em determinado momento histórico, tempo, lugar e contexto econômico. Enquanto o valor tem um caráter aproximadamente fixo, os preços podem ser considerados quase constantemente flutuantes, devido a vários fatores – escassez ou excesso de demanda, condições climáticas, existência de bens ou serviços substitutos, entre outros.

No campo do pensamento econômico heterodoxo, o sueco Myrdal (1996) ratifica que o valor independe de perturbações ocasionais, ao passo que o preço depende de diferentes contextos econômicos, geopolíticos e temporais. Segundo Knigth (2006), o valor é uma dimensão da escolha para alguma tomada de decisão e a valoração é intrinsecamente uma comparação de valores.

O preço é uma das medidas monetárias que indicam um valor atribuído, o qual depende das preferências do consumidor (Brown, 1984). Arias-Bello e Sánchez-Senra (2011 p. 117) afirmam que a *International Valuation Standards* (IVS) distingue valor de preço. “Valor é uma estimativa do preço provável que pode se pagar para a obtenção de bens e serviços em uma transação” ou, ainda, uma medida dos benefícios econômicos de possuir esses bens ou serviços. Por outra parte, o preço consiste no valor efetivamente pago ou recebido em uma transação, de acordo com a capacidade financeira, as motivações ou os interesses dos respectivos comprador ou vendedor. Significa que o preço especifica um fato objetivo “e constitui uma indicação de um valor relativo atribuído por um determinado comprador ou vendedor aos produtos ou serviços, em determinadas circunstâncias”.

O conceito de valor precisa de adaptação de acordo com o ativo em questão, tais como o *marketing* (Sidorchuk, 2015) e os imóveis (Haddadi *et al.*, 2016).

No caso da tecnologia, o seu valor monetário é conhecido no processo de valoração, enquanto o preço específico é indicado no processo de transação de compra e venda (Kaczmarska *et al.*, 2021). Uma visão útil à valoração de tecnologia vem de Razgaitis (2007), para quem não existe relação entre preço e valor. Esse autor assinala que o preço é a expressão em formas monetárias e em outras formas de consideração que os gestores de tecnologia acreditam ser um ponto de partida apropriado para as negociações e, finalmente, representa uma troca justa pela disposição da instituição como licenciante de celebrar um contrato comercial (Oliveira, 2020).

3.5 Noção de Valor da Tecnologia

O valor econômico das invenções patenteadas individuais ou em forma de *portfolios* tem despertado cada vez mais atenção. Investigações sobre o valor de patentes é frequente na literatura e tende a aumentar ao longo do tempo. Tal interesse está associado a quatro motivos: (i) as patentes são ativos importantes da empresa; (ii) representam um indicador de invenção; (iii) são objetos de muitas transações em tecnologia; e (iv) são centrais para o desenvolvimento de inovações em produtos e processos (Gambardella, 2013).

O valor da tecnologia é capturado no valor das patentes, quando essas são valoradas. No entanto, como ocorre com qualquer ativo intangível, a avaliação de tecnologias é crucial para o desenvolvimento do mercado desse ativo, tanto de transações quanto de licenciamento (Gambardella, 2013).

Acerca de tecnologias básicas e em estágios iniciais, desenvolvidas em universidades, autores como Kim *et al.* (2019) esclarecem que os analistas têm dificuldade para definir o seu valor devido ao elevado grau de incerteza quanto à realização da sua comercialização.

A teoria econômica subjetiva do valor fornece elementos importantes que permitem inferência sobre o valor para os ativos intangíveis em geral e das tecnologias em particular. O valor de uma tecnologia pode ser determinado ou acrescido quando é estabelecido um processo de transferência de propriedade do ativo para outro titular que a julga a um valor mais alto, mesmo que a tecnologia permaneça sem modificações.

Segundo Fornaro *et al.* (2021), o conceito de valor é uma justificativa irrefutável para embasar as tomadas de decisão de alocação de recursos como investimentos em tecnologias capazes de melhorar a produtividade. Quanto às tecnologias MEOR inovadoras, um aporte

para a definição de valor é a relação entre a produtividade da recuperação do petróleo bruto gerado, os ganhos financeiros para os *stakeholders* e os benefícios para a sociedade como um todo.

A valoração de tecnologias é um processo de elevado nível de complexidade. Segundo Park, Y. e Park, G. (2004) é comum o entendimento de que a avaliação de tecnologias não é uma ciência, mas sim uma arte, devido a três aspectos básicos: (i) a tecnologia é visível e intangível, ou seja, é incorporada ao conhecimento humano ou em ativos físicos como equipamentos e máquinas, o que dificulta a identificação do seu exato conteúdo e escopo; (ii) o valor econômico da tecnologia é afetado por vários fatores não-técnicos e se realiza somente após sua comercialização no mercado, como apontam Tipping, Zeffren e Fusfeld (1995); (iii) o valor de uma tecnologia em seus estágios iniciais de desenvolvimento é difuso e envolve algum grau de subjetividade devido à relativa insuficiência de informações e ao maior nível de riscos e incertezas previsíveis e imprevisíveis (Boer, 1999).

Na prática, vários fatores podem influenciar a determinação do valor das tecnologias. Dentre esses, destacam-se: (a) as características intrínsecas às tecnologias, incluída sua singularidade; (b) os contextos econômico, institucional, social e político; (c) as capacidades dos pesquisadores e desenvolvedores da tecnologia; (d) a estrutura organizacional do sistema de inovação de onde se origina a tecnologia; (e) as preferências dos potenciais compradores.

Em decorrência do exposto, infere-se que o valor de tecnologias depende da habilidade do avaliador para selecionar o método adequado. Em resposta a uma série de pressões existem muitos modelos de avaliação, os quais apresentam vantagens e desvantagens. Por isso, profissionais e pesquisadores das diversas áreas procuram desenvolver e propor estruturas de avaliação alternativas. Os métodos de valoração serão discutidos no próximo capítulo.

Por fim, o valor da tecnologia influencia a avaliação de *portfolios* de patentes e a integração com negócios. Essa conexão do valor da tecnologia é representada por Tipping, Zeffren e Fusfeld (1995) em sua Pirâmide de Valor Tecnológico. Os autores definem que o valor do ativo da tecnologia indica o tamanho da força e da vitalidade da tecnologia da empresa e, ao mesmo tempo, prevê o potencial das organizações de P&D para criar valor futuro para a empresa.

3.6 Conclusão do Capítulo

Este capítulo aborda uma revisão bibliográfica sobre ativos intangíveis, Direito de Propriedade e Valor, com o objetivo de caracterizar a natureza da tecnologia nesse contexto e o seu papel na estrutura de capital e crescimento das empresas por meio de ganhos econômicos. O estudo possibilita fazer um recorte *teórico e conceitual que justifica mensurar o valor econômico de uma tecnologia, a despeito de patente*.

A revisão está organizada em três partes. A primeira apresenta um estudo sobre os ativos intangíveis a partir dos conceitos, taxonomias, relação com o conhecimento científico e tecnológico e impacto no desempenho das empresas em termos de vantagem competitiva de longo prazo e geração de valor. Os ativos intangíveis possuem um valor econômico e é importante conhecê-lo, em termos da utilidade que resulta das características técnicas intrínsecas, mediante sua aplicação ao processo de produção com algum objetivo: redução de custos, melhoria da qualidade do produto ou aumento da produtividade. São justificativas também o investimento em PD&I e as possíveis contribuições para a sociedade no que diz respeito à preservação do meio ambiente, por exemplo.

A segunda parte aborda a tecnologia como um ativo intangível cujo valor econômico difere de sua patente, um direito de propriedade e uso exclusivo e temporário. Espera-se que o valor monetário de uma patente capte o valor da tecnologia incorporada (Gambardella, 2013). O número de estudos sobre valoração monetária de patentes supera ao número de estudos que tratam de tecnologias. Portanto, a tecnologia e o direito de propriedade intelectual se vinculam por meio de um mecanismo jurídico para evitar oportunismo no mercado.

A terceira parte apresenta as concepções econômicas sobre valor, a partir das principais teorias. Estabelece também a diferença entre valor e preço. O objetivo é identificar os elementos básicos constituintes do processo de valoração e de negociação de tecnologias no mercado. O valor econômico é uma medida subjetiva baseada na utilidade e benefícios que a tecnologia pode proporcionar aos *stakeholders*. Enquanto isso, o preço é uma medida objetiva baseada no custo de produção. Em outras palavras, o preço seria a quantidade de moeda corrente que um licenciante ou comprador estaria disposto a pagar por determinada tecnologia.

O capítulo tem como resultado também duas definições importantes para respaldar o conjunto de critérios de valoração da tecnologia em pauta, ou seja, *tecnologia microbiana para recuperação avançada de petróleo (MEOR)* em um modelo qualitativo baseado em pontuação e relação de interdependência entre diferentes dimensões.

Conclui-se, portanto, que a tecnologia é um recurso imaterial que resulta da combinação de conhecimentos científicos capazes de condicionar determinado processo produtivo à melhoria da eficiência técnica e econômica; além disso, torna-se reconhecida sob a denominação de ativo intangível sob a proteção jurídica de propriedade exclusiva ao titular, o que confere ser válida a valoração.

Dentre os resultados obtidos com a revisão da literatura do capítulo, apresentam-se duas definições autorais. A primeira é a de ativos intangíveis como um recurso tecnológico não monetário e imaterial, oriundo do conhecimento científico para aplicação em um determinado processo produtivo, com ou sem a garantia de propriedade exclusiva pela organização que detém a titularidade. Essa tecnologia contribui para o aumento da produção e, em consequência, da receita de vendas, com potencial para gerar benefícios econômicos futuros para a organização. Essa definição tem aderência com o conceito de tecnologia e patente oriundo de instituições públicas de ensino superior, em especial as universidades.

Nesse sentido, o preço da tecnologia é o valor que os compradores ou vendedores técnicos aceitam após a negociação e se refere geralmente a uma taxa de licença e *royalties*, entre outros (Kaczmarska *et al.*, 2021, p. 85).

A literatura em análise nesta tese não oferece um conceito genérico para valor monetário da tecnologia; os conceitos estão associados ao contexto de estudo. Por exemplo, o valor mensurado com o método do custo é definido como os gastos totais incorridos para sua criação, comercialização e proteção da propriedade intelectual. Por sua vez, o valor da tecnologia mensurado com o método da renda é definido como os benefícios financeiros totais que serão obtidos com sua aplicação (Kaczmarska *et al.*, 2021).

A segunda definição é a de valor monetário da tecnologia como os benefícios econômicos estimados que a tecnologia é capaz de gerar ao longo do tempo para os *stakeholders* envolvidos, resultante da sua eficiência, utilidade e percepções de mercado projetados.

4 AVALIAÇÃO E VALORAÇÃO DE TECNOLOGIAS: CONCEITOS E MÉTODOS

A valoração de tecnologias resulta de um processo de tomada de decisões, o qual consiste em avaliar e medir diversas informações com base em conceitos e procedimentos metodológicos capazes de contribuir para quantificar valores monetários razoáveis (Boer, 1999), equivalentes aos benefícios econômicos que o tomador de decisão espera. A valoração é um campo de estudo abrangente e multidisciplinar que utiliza diferentes modelos quantitativos e analíticos para a solução de problemas reais e complexos das organizações para a definição de estratégias de crescimento de longo prazo e obtenção de lucros extraordinários (Tipping; Zeffren; Fusfeld, 1995; Park, Y.; Park, G., 2004; Reitzig, 2004; Lin; Tang, 2009; Wang *et al.*, 2011; Quintella *et al.*, 2019; Kalip; Erzurumlu; Gün, 2022).

A valoração de ativos intangíveis é conhecida como um processo complexo devido à diversidade de fatores estruturais, institucionais e organizacionais e suas respectivas relações que impactam o valor monetário. Esse contexto é um campo rico para várias abordagens e incursões sobre a adequação de métodos de valoração a tecnologias específicas, seu estágio de maturidade, possíveis aplicações no setor produtivo e o foco da valoração.

Os argumentos anteriores apontam para uma análise do valor monetário de tecnologias desenvolvidas em universidades e da combinação dos pontos de vista da economia da inovação e das finanças. A base dos argumentos parte da seguinte premissa: *considerando ser o duplo papel dos ativos intangíveis proporcionar solução para problemas e gerar benefícios econômicos para empresas, cujos resultados dependem do setor no qual é introduzido e das características particulares do ativo, então, a maneira de mensurar o valor de uma determinada tecnologia é diversa em relação a outra e resulta em inúmeros métodos.* Pressupõe-se, portanto, que os métodos de valoração existentes, por mais genéricos e adaptáveis que sejam, limitam-se a um contexto específico, o qual não consegue explicar ou explica apenas parcialmente outras situações.

O objetivo específico do presente estudo é categorizar os métodos acadêmicos de valoração de tecnologia, tendo como foco a universidade no contexto brasileiro. Para tanto, busca-se responder às seguintes indagações: *Qual é a relação entre avaliação e valoração de tecnologias? E quais são os principais métodos de valoração de tecnologias e como estão classificadas?*

Para responder a tais indagações, a presente seção está organizada em sete subseções, na seguinte sequência: metodologia do estudo (seção 3.1); ferramenta, etapas e procedimentos da análise bibliométrica do estudo (seção 3.2); análise dos resultados bibliométricos da

pesquisa (seção 3.3); conceitos e métodos de avaliação de tecnologias (seção 3.4); conceitos básicos e métodos de valoração monetária (seção 3.5); métodos acadêmicos de valoração de tecnologias (seção 3.6); transferência de tecnologia entre universidade e empresa (seção 3.7); e conclusão do capítulo (seção 3.8).

4.1 Metodologia do Capítulo

Neste capítulo apresenta-se um estudo bibliométrico sobre valoração de tecnologias com base em uma pesquisa bibliográfica de natureza exploratória e descritiva, conforme o Quadro 6.

Quadro 6 - Caracterização da pesquisa

Características metodológicas da pesquisa		Referência
Natureza da Pesquisa	Pesquisa bibliográfica	Gil (2010)
Técnica de pesquisa	Revisão Sistemática da Literatura	Donthu <i>et al.</i> (2021)
Natureza da pesquisa	Exploratória e descritiva	Gil (2010)
Técnica de coleta de dados	Busca em bases de dados <i>Scopus</i> , <i>SD</i> , <i>WoS</i> , <i>Scielo</i> , Catálogo de Teses e Dissertações, no Portal da CAPES, e Google Scholar.	Donthu <i>et al.</i> (2021)
Técnica de análise de dados	Bibliometria Análise de conteúdo por categorias temáticas.	Bardin (2011)
<ul style="list-style-type: none"> Ferramentas de pesquisa 	<ul style="list-style-type: none"> Microsoft Excel, gerenciador de referências Mendeley e <i>Software</i> R Studio. 	<ul style="list-style-type: none">

Fonte: elaboração do autor.

A pesquisa exploratória e descritiva proporciona um estudo aprofundado e abrangente sobre as características gerais do processo de valoração de tecnologias, bem como as relações estabelecidas entre os aspectos que a influenciam. O foco são as tecnologias desenvolvidas em universidades de países em desenvolvimento e emergentes, com a pretensão de transferi-las para as empresas interessadas.

O estudo bibliométrico é muito utilizado em quase todas as disciplinas (Carvalho; Fleury; Lopes, 2013; Aria; Cuccurullo, 2017; Tamala *et al.*, 2022; Donthu *et al.*, 2021). A coleta de dados é realizada por meio de pesquisa bibliográfica de publicações científicas, nas bases de dados *Scopus* e *WoS*, em âmbito mundial, no período de 1996 a 2022, sobre o tema valoração de tecnologia e os métodos, com ênfase na universidade.

Para complementar o estudo, utiliza-se a técnica da análise de conteúdo (Bardin, 2011), que consiste em organizar e classificar os textos mapeados, estabelecer categorias temáticas, a fim de criar uma dimensão possível de tratamento e interpretação que permita

fazer inferências válidas em busca de maior clareza nos resultados. A coleta dos dados é feita por meio de levantamento bibliográfico complementar nas bases de dados Google Scholar, Scielo e Catálogo de teses e dissertações da CAPES, no período 1996 a 2022.

4.2 Estrutura da Análise Bibliométrica

A bibliometria é uma técnica de análise de base qualitativa e quantitativa, a qual permite a observação do estado da arte do conhecimento científico e tecnológico, sua estrutura cognitiva e organizacional, por meio da produção científica disponível em repositórios ou bases de dados bibliográficos (Donthu *et al.*, 2021).

Outras vantagens da bibliometria são: (a) comparar as contribuições para a produção científica dos países e das instituições de ensino e pesquisa de um país, bem como dos cientistas individuais em relação às próprias comunidades científicas; e (b) auxiliar na identificação de tendências de crescimento do conhecimento em determinada disciplina, dispersão e obsolescências de campos científicos, autores e instituições mais produtivos e periódicos mais utilizados na divulgação de pesquisas em determinada área do conhecimento (Soares *et al.*, 2016, p. 177).

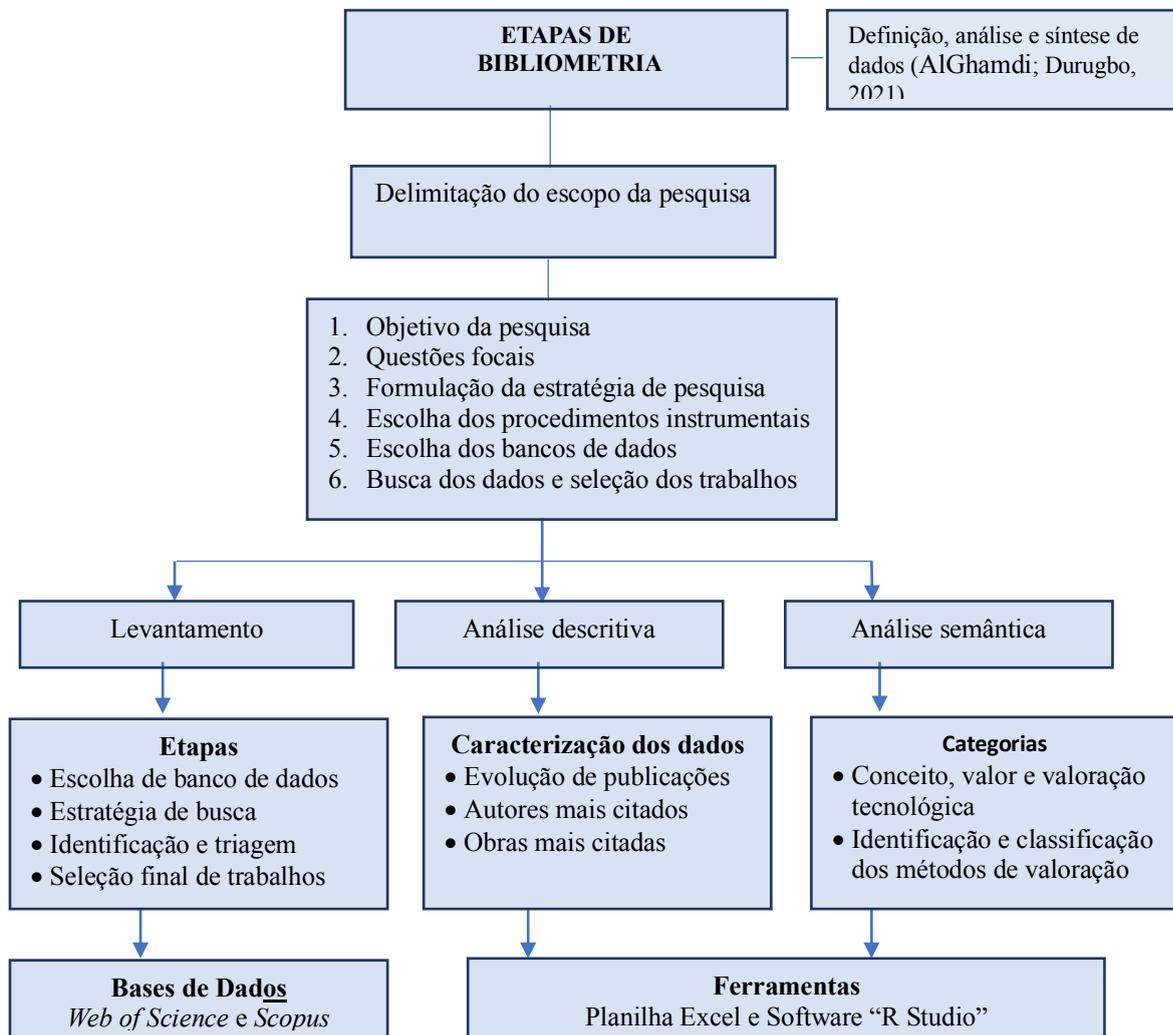
A estrutura matemática e estatística que fundamenta a bibliometria (Zupic; Čater, 2015) contribui para a obtenção de dados quantitativos, como o número de publicações, patentes, citações, palavras-chave, autores, editores, instituições de afiliação e fontes de publicações, dentre outros elementos, e suas inter-relações.

Para a análise dos dados utiliza-se a ferramenta computacional Bibliometrix, um pacote associado à linguagem R. Conforme Aria e Cuccurullo (2017), as principais propriedades do Bibliometrix são: código aberto para acesso às informações por pessoas ou instituições; permite análise abrangente de mapeamento da produção científica; suporta a sobreposição de bases de dados; e é flexível e atualizável. Zupic e Čater (2015) comentam que a ferramenta converte os dados bibliográficos brutos saídos das bases de dados em parâmetros bibliométricos e calcula matrizes de similaridade entre itens, como nomes de autores, periódicos e palavras-chave.

4.2.1 Etapas da análise bibliométrica

Em consonância com Tamala *et al.* (2022), o protocolo da análise bibliométrica para o presente estudo possui quatro etapas básicas, como apresenta a Figura 7.

Figura 7- Resumo das etapas da pesquisa



Fonte: elaboração do autor.

A primeira etapa se refere à delimitação do escopo da pesquisa e inclui as formulações das questões focais sobre o estado da arte do campo de estudo e do objetivo da pesquisa, explícitos na introdução deste texto, a definição dos dados a serem obtidos, o estabelecimento dos termos de busca e respectiva *string*, diretrizes de inclusão e exclusão, definição dos procedimentos instrumentais para a coleta, tratamento, apresentação e análise dos dados recuperados.

A segunda etapa consiste em um levantamento da literatura especializada nas bases de dados, fundamentado em critérios de inclusão, exclusão, triagem e seleção final dos artigos revisados por pares, bem como capítulos de livros.

A terceira etapa diz respeito a uma análise descritiva dos dados, visando caracterizar o conhecimento subjacente e a trajetória da literatura sobre valoração de tecnologias durante o período especificado.

4.2.2 A base de dados bibliográficas para a pesquisa

Os dados em uma análise bibliométrica podem ser obtidos em diferentes bases de dados. Para este estudo, o levantamento da produção científica sobre valoração é recuperado das bases de dados internacionais *WoS* e *Scopus*, disponibilizadas no Portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Essas bases possuem acervos multidisciplinares e interdisciplinares, o que atende ao tema valoração.

4.2.3 Levantamento da coleção de estudos

Os termos de busca para o levantamento em ambas as bases de dados são *technology*, *precompetitive*, *patente*, *intangible assets*, *intangibles*, *intellectual property*, *IP* e *intellectual property rights*, os quais, combinados com os termos *valuation*, *model*, *method*, *methodology* e *valuing*, por meio dos operadores booleanos *AND* e *OR*, formam as *strings* definidas no Quadro 7.

Quadro 7 - *Strings* para busca de dados, por base de dados

Base de dados	<i>String</i>
Scopus	("technology* valuation") OR ("precompetitive technology valuations") OR ("technolog* valuation model") OR ("technolog* valuation" AND "method*") OR ("technology valuation" AND "methodology") OR ("valuing patent*") OR ("valuation patent*") OR ("patent* valuation" AND "model") OR ("patent*" AND "valuation method*") OR ("patent*" AND "valuation methodolog*") OR ("valuation intangible assets") OR ("valuation intangibles") OR ("intangible asset" AND "valuation") OR ("intangible assets" AND "valuation model") OR ("intangible assets" AND "valuation method*") OR ("intangible assets" AND "valuation methodolog*") OR ("intellectual property" AND "valuation") OR ("IP valuation") OR ("intellectual property" AND "valuation model") OR ("intellectual property" AND "valuation method*") OR ("intellectual property" AND "valuation methodolog*") OR ("intellectual property rights" AND "valuation") OR ("valuation of intellectual property rights") OR ("intellectual property rights" AND "valuation model") OR ("intellectual property rights" AND "valuation method*") OR ("intellectual property rights" AND "valuation methodolog*").
<i>Web of Science</i>	("technology* valuation" OR "precompetitive technology valuations" OR "technolog* valuation model" OR "technolog* valuation method*" OR "technology valuation methodology" OR "valuing of patent" OR "valuation of patent*" OR "patent* valuation model" OR "patent* valuation method*" OR "patent* valuation methodolog*" OR "valuation of intangible assets" OR "valuation of intangibles" OR "intangible asset valuation" OR "intangible assets valuation model" OR "intangible assets valuation method*" OR "intangible assets valuation methodolog*" OR "intellectual property valuation" OR "IP valuation" OR "intellectual property valuation model" OR "intellectual property valuation method*" OR "intellectual property valuation methodolog*" OR "intellectual property rights valuation" OR "valuation of intellectual property rights" OR "intellectual property rights valuation model" OR "intellectual property rights valuation method*" OR "intellectual property rights valuation methodolog*").

Fonte: dados da pesquisa (2022).

O levantamento nas bases de dados *Scopus* e *WoS* baseia-se em seis critérios descritos no Quadro 8, os quais visam ao refinamento da pesquisa, em vista de objetividade.

Quadro 8 - Filtros para a busca de dados

Filtro	<i>Web of Science</i>	<i>Scopus</i>
1. Período	1996 a 2022	1997 a 2022
2. Campo de busca	Título	Título
3. Tipo de documento	Artigos de pesquisa	Artigos de pesquisa
	Artigos de conferência	Artigos de conferência
	Artigos de revisão	Artigos de revisão
	Capítulo de livro	Capítulo de livro
	Acesso antecipado	Não tem
4. Idioma	Todos	Todas
5. País/Região/Território	Todos	Todos
6. Áreas de pesquisa	Todas, exceto Psicologia	Todas, exceto Psicologia

Fonte: dados da pesquisa (2022).

Estão disponíveis sob demanda o protocolo para a busca dos dados, os procedimentos nas bases de dados e no *Software R Studio*, as referências bibliográficas que os embasam, as planilhas eletrônicas (em formato .xlsx), tabelas, quadros e figuras, bem como as relações dos artigos recuperados das bases de dados.

4.2.4 Os critérios de inclusão e exclusão

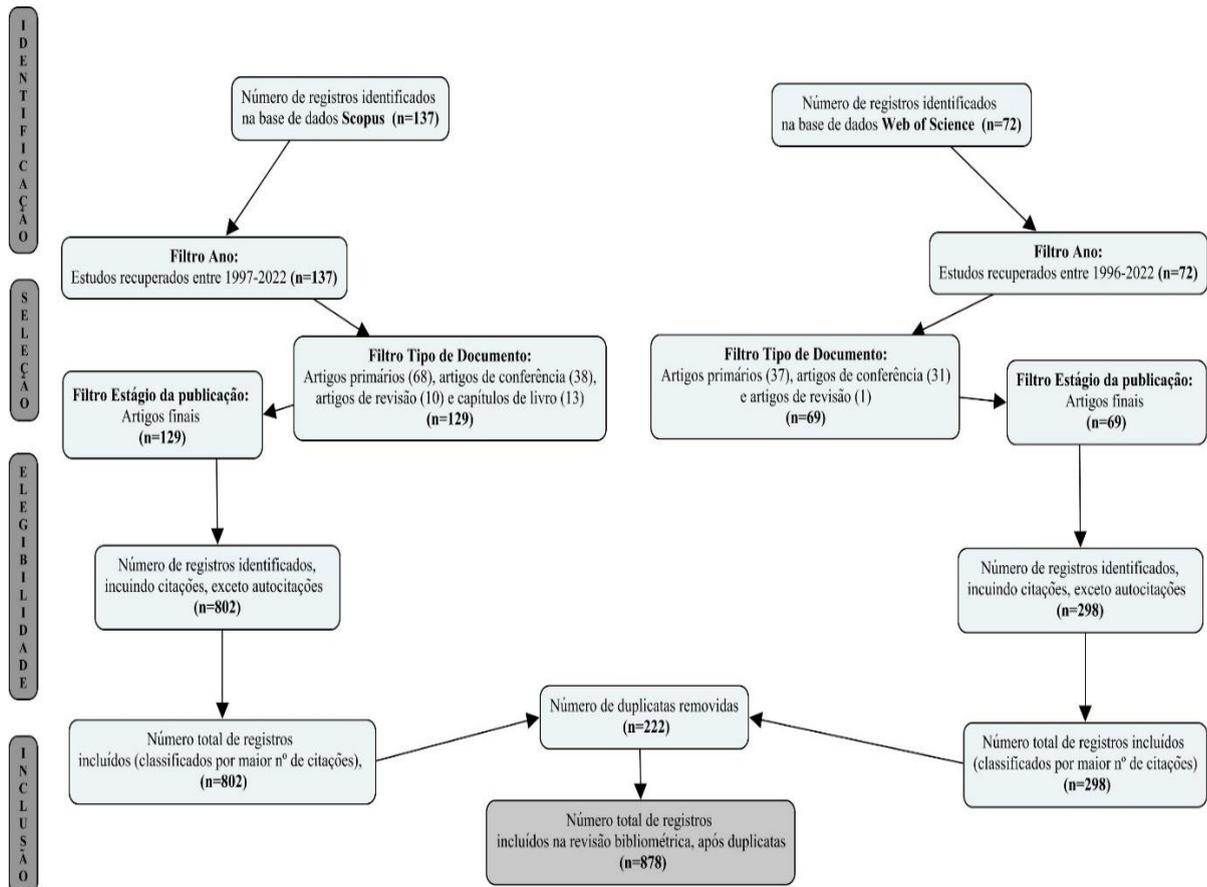
As diretrizes de inclusão e exclusão visam ao refinamento da busca. As inclusões compreendem: (i) quanto ao corte temporal, os anos 1996-2022, para a *WoS* e 1997 a 2022 para a *Scopus*; (ii) quanto ao tipo de documento, inclui-se apenas a literatura branca, ou seja, os artigos publicados em periódicos revisados por pares; (iii) quanto ao idioma do artigo, opta-se pelos artigos publicados em todas as línguas para captar em que medida os países contribuem para ampliar o campo de pesquisa; e (iv) quanto à área dos estudos, consideram-se todas as disciplinas, exceto Psicologia; destacam-se Economia, Finanças, Administração e Gestão. As exclusões englobam: (i) quanto ao tipo de documento, resenhas, resumos expandidos e artigos de anais, publicações da literatura cinza, artigos com contextos diferentes para *valor*, *ativos intangíveis*, *tecnologia*, *patentes* e *valor*; (ii) para a triagem adicional, as duplicatas das publicações.

4.2.5 Identificação e seleção dos dados

O levantamento, realizado em 3 de novembro de 2022, tem como critério inicial a busca pelos títulos e resumos dos artigos. A Figura 8 ilustra o fluxo do levantamento e seleção dos artigos com os respectivos resultados quantitativos.

Identificam-se inicialmente 137 registros na base de dados *Scopus* e 72 na base de dados *WoS*, cujo filtro foi o corte temporal. A seleção limita o levantamento a artigos primários (53%), artigos de revisão (5%), artigos de conferências (35%) e capítulos de livros (7%). Ao final dessa etapa, o número de trabalhos diminuiu em 8 títulos, restando 129 publicações na base *Scopus* e 69 na base *WoS*.

Figura 8 - Processo de busca de publicações por base de dados (1996 a 2022)



Fonte: dados da pesquisa (2022).

Após a inclusão de 673 citações na *Scopus* o resultado aumentou para 802; na *WoS* esse número de publicações aumentou de 229 para 298. Apesar de considerar todas as línguas, as publicações obtidas para a revisão estão escritas somente em inglês. Por último, procede-se à triagem para excluir as duplicadas, o que se faz automaticamente pelo *software* R Studio. Sobraram 878 após a exclusão de 222 publicações duplicadas.

4.3 Resultados da pesquisa

A análise descritiva dos dados bibliométricos examinou 878 artigos publicados no período 1996-2022, com taxa de crescimento anual de -2,63% e idade média dos documentos

de 5,84 anos. Os artigos são provenientes de 602 periódicos, um total de 58.744 referências bibliográficas decorrentes dessas produções (média de 14,74 citações por documento). Ao todo, 2.587 palavras-chave foram identificadas nas publicações dos autores, além de 2.495 palavras-chave acrescentadas pelos editores.

O levantamento também evidenciou um número de 1.991 autores com publicações no campo, considerando o período analisado, dos quais 131 autores de documentos de autoria única. Em termos de colaboração, 145 colaboradores dos autores produziram documentos de autoria única, com a média de 2.94 coautores por produção de cada documento, dos quais 7,97% de participação internacional. A Figura 9 apresenta o painel de informações principais extraído do pacote de análise Bibliometrix.

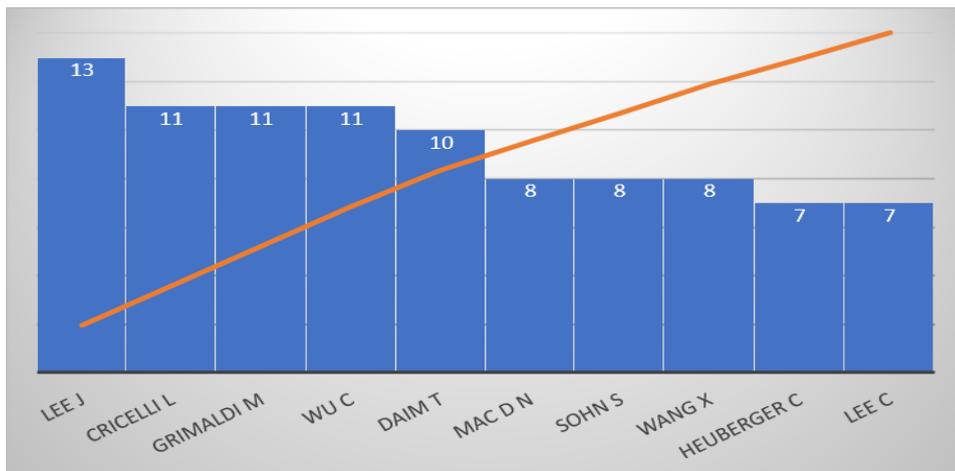
Figura 9 - Painel de informações gerais da pesquisa bibliométrica



Fonte: dados da pesquisa (2022).

Observa-se que 145 (16,51%) dos 1.991 autores contribuem com apenas um artigo. O autor com maior número de publicações no campo (autoria e coautoria) é Jeong-Hee Lee, com o total de 13 publicações. Dentre as publicações mais recentes com participação do autor, identificam-se dois estudos: um sobre o sistema de avaliação de tecnologia inteligente (Kim *et al.*, 2021) e outro sobre o desenvolvimento de um modelo de avaliação de tecnologia para a indústria farmacêutica (Woo *et al.*, 2019). Jeong-Hee Lee, Livio Cricelli e Michele Grimaldi (2018) e Wu (2011) aparecem como autores relevantes desse campo de pesquisa, com 11 publicações cada um. As publicações estão distribuídas de forma heterogênea entre os autores, uma vez que os *top 10* autores possuem apenas 97 das 878 publicações (10,7%). A Figura 10 apresenta a distribuição dos 10 autores mais relevantes em número de publicações.

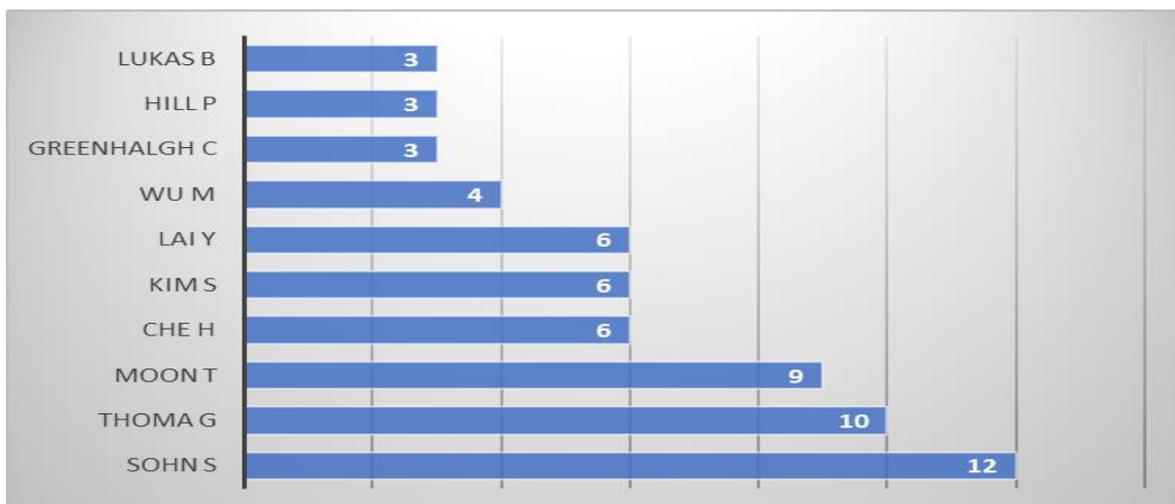
Figura 10 - Distribuição dos 10 autores mais relevantes em número de publicações



Fonte: dados da pesquisa (2022).

A Figura 11 ilustra a distribuição dos dez autores mais relevantes em número de citações. So Young Sohn é o autor com o maior número de citações (12), seguido por Grid Thomas (10) e Tae Hee Moon (9). Sohn, Moon e Kim (2005) desenvolveram um modelo de pontuação de tecnologia para fundo de garantia de crédito tecnológico. Moon e Shon (2010) apresentaram um sistema de classificação de crédito de tecnologia para financiar Pequenas e Médias Empresas (PME). Thomas (2019) produziu um índice de valor composto de indicadores de marcas.

Figura 11 - Distribuição dos 10 autores mais citados

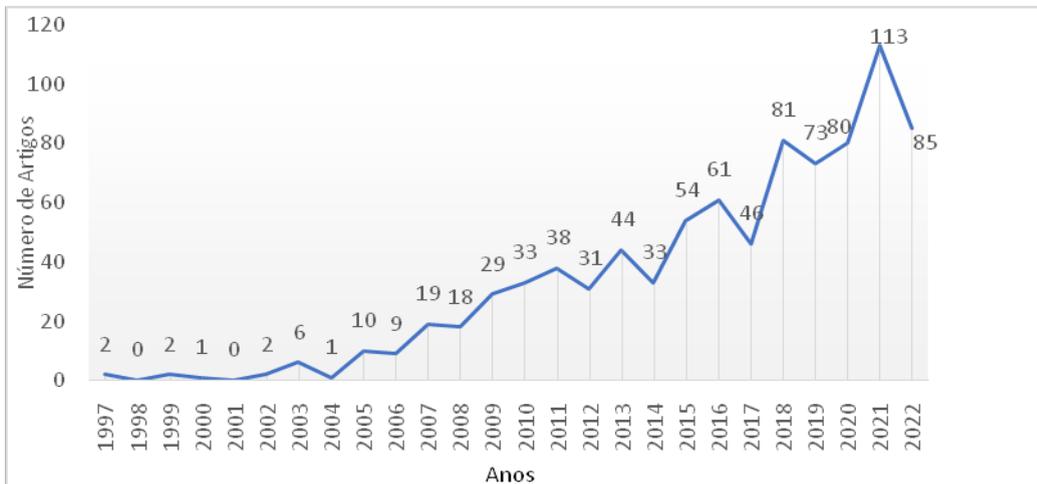


Fonte: dados da pesquisa (2022).

A produção dos autores apresenta uma evolução ao longo do período analisado (1996-2022). Destaca-se um decréscimo no ano 2022, com o total de 85 publicações/citações,

número menor que 2021, ano que reflete o ápice das publicações no período em análise (113). A Figura 12 ilustra a evolução das publicações.

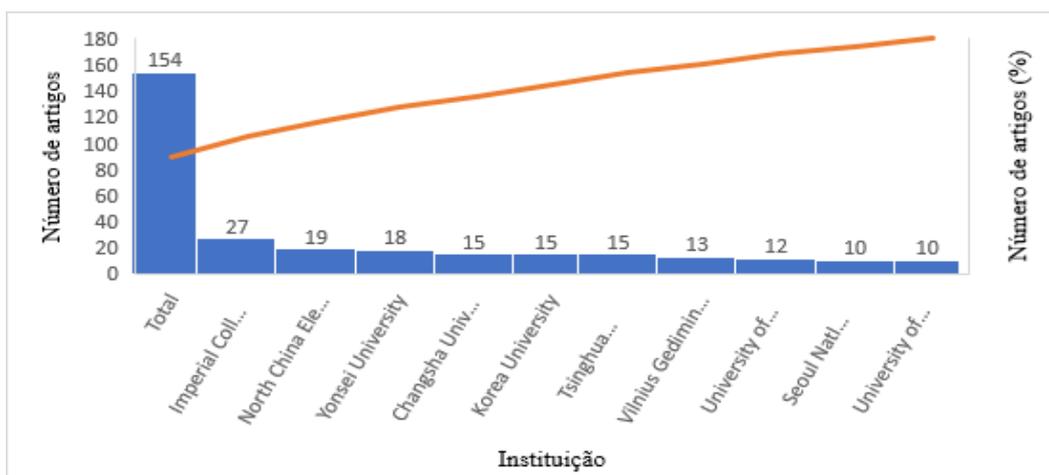
Figura 12 - Evolução das publicações ao longo do tempo



Fonte: dados da pesquisa (2022).

Em termos de afiliações, o Imperial College London é a instituição que mais reúne os autores com publicações no campo, com o total de 27, seguida pela North China Electric Power University e pela Yonsei University. A Figura 13 apresenta as 10 instituições mais bem classificadas no *ranking*.

Figura 13 - Afiliação das 10 instituições com maior número de autores

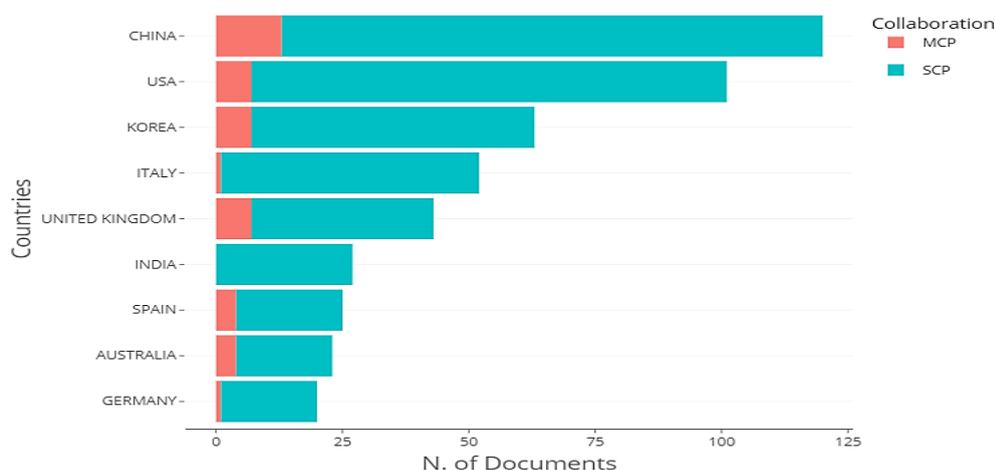


Fonte: dados da pesquisa (2022).

O estudo bibliométrico identificou que instituições de 62 países contribuem para o campo. Os principais contribuintes de artigos publicados estão localizados na China (107;13), tanto em termos de índices de colaboração dentro do país (SCP) como entre países (MCP). Os

Estados Unidos ocupam o segundo lugar em termos de colaboração (94;7) e a Coréia o terceiro (56;7). A Figura 14 demonstra o nível de colaboração de outros seis países.

Figura 14 - Distribuição dos países com maior número de publicações



Fonte: dados da pesquisa (2022).

A contribuição do Brasil é pouco significativa no quadro de publicações internacionais, o que evidencia uma dificuldade de inserção em redes de autores e de grupos de pesquisas sobre a temática. Entre os achados, de treze (13) artigos publicados por autores brasileiros apenas dois (2) tratam de valoração de ativos intangíveis, conforme Quadro 9.

Quadro 9 - Artigos de autores brasileiros recuperados (1996-2022)

Título	Autor	DOI	Instituição
A platform for evaluating rdi projects considering intangible gains in energy industry	Silva, Castro e Santos (2016)	10.1109/TLA.2016.7530412	<ul style="list-style-type: none"> • Fundação Getúlio Vargas, EAESP; • FIA-USP
Propriedade Intelectual para Comercialização e Transferência de Tecnologia: um estudo de caso no NIT/IFBA	Ferreira <i>et al.</i> (2020)	10.22279/navus.2020.v10.p01-23.1046	<ul style="list-style-type: none"> • Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS); • Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)
Technology valuation of cellulosic ethanol production by <i>Kluyveromyces marxianus</i> CCT 7735 from sweet sorghum bagasse at elevated temperatures	Tinôco, Geinier e Silveira (2021)	10.1016/j.renene.2021.03.132	<ul style="list-style-type: none"> • Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ, COOPE) • Federal Institute of Education, Science and Technology of Espírito Santo (UFES), Campus Vila Velha. • Department of Microbiology, Institute of Biotechnology Applied to Agriculture, Federal University of Viçosa (UFV).

Fonte: dados da pesquisa (2022).

Entende-se por artigos nacionais aqueles em que, no mínimo, o primeiro autor tenha vínculo com algumas universidades do país.

O Quadro 10 lista as produções mais relevantes quanto às citações em caráter global.

Quadro 10 - Títulos mais relevantes em termos de citações globais

Título	Autor	DOI	Citações
Using real option analysis for highly uncertain technology investments: The case of wind energy technology	Lee (2011)	10.1016/j.rser.2011.07.107	42
Improved technology scoring model for credit guarantee fund	Sohn, Moon e Kim (2005)	10.1016/j.eswa.2004.10.012	37
Stock analysts' assessments of the shareholder value of intangible assets	Whitwell, Lukas e Hill (2007)	10.1016/j.jbusres.2006.09.017	31
Modeling patent legal value by Extension Neural Network	Lai e Che (2009)	10.1016/j.eswa.2009.01.027	28
Technology scoring model for reflecting evaluator's perception within confidence limits	Moon e Sohn (2008)	10.1016/j.ejor.2006.11.030	13
The valuation of patent-trademark pairing as IP strategy: evidence from the USPTO	Thoma (2019)	10.1080/13662716.2019.1633281	11
Antecedents of patent value using exchange option models: Evidence from a panel data analysis	Wu (2011)	10.1016/j.jbusres.2009.12.006	10
Using the market to determine IP's fair market value	Kossovsky, Brandegee e Giordan (2004)	10.1080/08956308.2004.11671628	9

Fonte: dados da pesquisa (2022).

Dentre os trabalhos mais relevantes, em termos de citações globais, destaca-se o artigo *Using real option analysis for highly uncertain technology investments: The case of wind energy technology*, de Lee (2011), com o total de 42 citações. O autor realiza uma pesquisa empírica com a aplicação do método opções Reais para valorar o investimento em energia renovável.

O artigo *Improved technology scoring model for credit guarantee fund*, de autoria de Sohn, Moon e Kim (2005), é o segundo colocado no *ranking*, com 37 citações globais. No artigo, os autores desenvolvem um modelo de valoração de pequenas e médias empresas com elevado potencial de crescimento tecnológico. O modelo de Sohn, Moon e Kim (2005) é capaz de eliminar a multicolinearidade dos dados, o que o diferencia daqueles existentes até então. O Quadro 10 apresenta os oito artigos mais relevantes em termos de citações globais.

Outro indicador importante é a nuvem de *Keywords plus* (palavras-chave dos autores e as acrescentadas pelos editores). A Figura 15 mostra os principais termos de interesse nos estudos durante os anos pesquisados, considerando-se um rol das 250 maiores ocorrências. As palavras *inovação*, *tecnologia*, *valoração* e *modelos* são as palavras-chave mais notadas nos trabalhos publicados, as quais certamente formam *clusters*, o que não pode ser confirmado com a bibliometria.

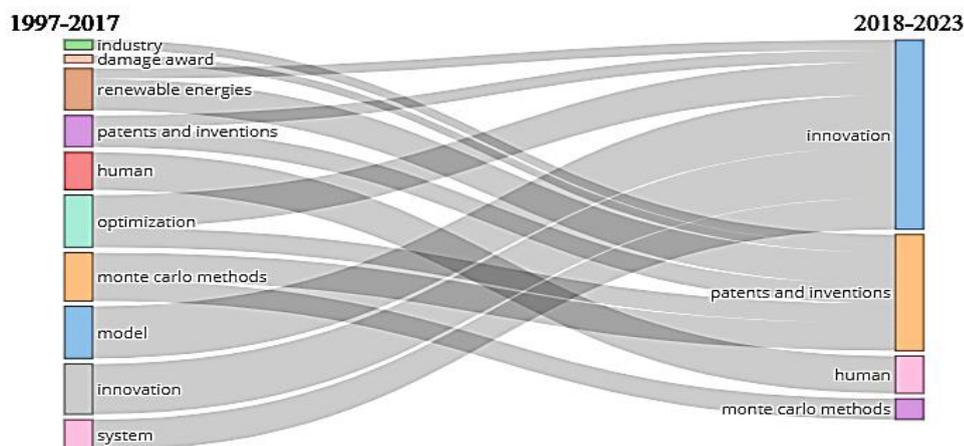
Figura 15 - Nuvem de palavras-chave mais (*keywords plus*) (autores e editores)



Fonte: dados da pesquisa (2022).

No âmbito da evolução temporal dos temas de pesquisa sobre o campo, utilizou-se o diagrama Sankey para demonstrar como os diferentes temas foram conectados e desenvolvidos ao longo do período analisado (1997-2022). A análise dos diferentes temas foi realizada a partir do índice de inclusão ponderado por ocorrência de *keywords plus*, levando-se em consideração as ocorrências de cada palavra-chave relacionadas a um tema nos subperíodos 1997-2017 e 2018-2023.

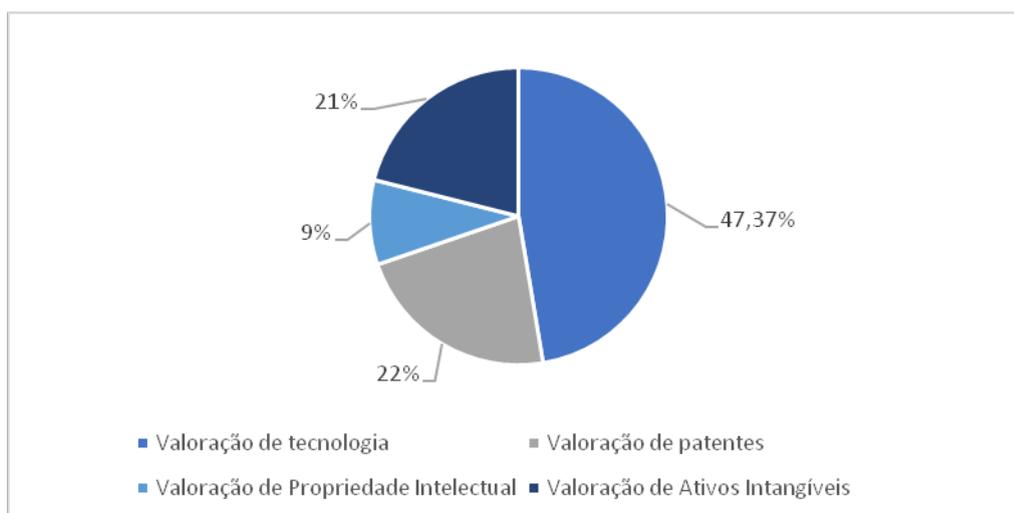
Figura 16 - Evolução dos temas de pesquisa nos períodos 1997-2023



Fonte: dados da pesquisa (2022).

A pesquisa revela que os estudiosos se dedicam mais à pesquisa acerca de valoração de tecnologia, sobretudo no que diz respeito ao exame e/ou aplicação de métodos existentes ou à proposição de outros métodos, seja por meio da combinação daqueles existentes, seja pelo desenvolvimento de modelos inéditos. No *ranking* de publicações de artigos sobre valoração seguem-se patentes, ativos intangíveis e propriedade intelectual, nessa ordem.

Figura 17 - Número de publicações sobre valoração por categoria, 1996-2022



Fonte: dados da pesquisa, com base na *WoS* (2022).

O Quadro 11, que se segue, relaciona os títulos dos artigos que abordam a valoração de tecnologias. O significativo número de publicações sobre valoração de tecnologias pode ser associado ao aumento do interesse pela pesquisa no campo da gestão da tecnologia no contexto do avanço da economia do conhecimento, como observam Chiu e Chen (2007).

Quadro 11- Artigos sobre valoração de tecnologia recuperados em bases de dados 2004-2022

Seq	Título	Autor	DOI
1	Small-company & university perspective on medical technology valuation.	Sedlak e Kyle (1996)	Sem DOI e não localizado
2	A new method for technology valuation in monetary value: procedure and application.	Park, Y. e Park, G. (2004)	10.1016/S0166-4972(02)00099-8
3	Evaluating early stage technology valuation methods; What is available and what really matters.	Dissel <i>et al.</i> (2005).	10.1109/iemc.2005.1559140
4	A technology valuation model to support technology transfer negotiations.	Baek <i>et al</i> (2007)	10.1111/j.1467-9310.2007.00462.x
5	Application-oriented technology valuation: exemples from the semiconductor industry.	Lee e Lin (2007)	10.1109/IEEM.2007.4419543 Artigo de conferência

Seq	Título	Autor	DOI
6	From Gut Feel to Educated Approximations: Towards an Integrated Approach for Technology Valuation.	Dissel, Probert e Mitchell (2008)	10.1109/PICMET.2008.4599828
7	Technology scoring model for reflecting evaluator's perception within confidence limits.	Moon e Sohn (2008)	10.1016/j.ejor.2006.11.030
8	Technology valuation model in defense offset trade: income approach.	Jang e Ryu (2008)	10.1109/picmet.2008.4599879
9	Technology balance: technology valuation according to IASB's value in use approach	Schuh, Klapper e Haag (2008)	10.1142/9789812790545_0007
10	Construction technology valuation for patent transaction.	Hong <i>et al.</i> , (2010)	10.1007/s12205-010-0111-y
11	Organic process technology valuation: cyclohexanone oxime syntheses.	Cannon e Breen (2010)	10.1021/ed800006a (conferência)
12	Internal technology valuation: real world issues.	Thorn <i>et al.</i> (2011)	10.1504/ijtm.2011.038588
13	Technology valuation of a scanning probe microscope developed at a university in a developing country.	Vega-González <i>et al.</i> (2010)	10.1016/j.technovation.2010.06.001
14	Simple numeric model to compute technology-contribution factor for the technology valuation.	Cho e Choi (2011)	Não tem
15	The role of capability in technology valuation. (Papel de las capacidades en la valoración tecnológica.	Jiménez, Cristiancho e Castellanos (2011)	Não tem
16	Flexible technology valuation to switch between operating modes: real option approach.	Čulík (2012)	Artigo de Conferência)
17	A fuzzy multiple criteria comparison of technology valuation methods for the new materials development.	Cheng (2013)	10.3846/20294913.2013.821687
18	A technology valuation model for the defense R&D with income approach.	Jang e Lee (2013)	10.1142/s021987701350017x
19	About Technology Valuation	Wang e Edmondson (2014)	10.53766/ACCON/2021.42.02
20	Long-term renewable energy technology valuation using system dynamics and Monte Carlo simulation: Photovoltaic technology case	Jeon e Shin (2014)	10.1016/j.energy.2014.01.050
21	A technology valuation model using quantitative patent analysis: a case study of technology transfer in big data marketing.	Jun, Park e Jang (2015)	10.1080/1540496x.2015.1061387
22	Levelised value of electricity - a systemic approach to technology valuation.	Heuberger <i>et al.</i> (2016)	10.1016/b978-0-444-63428-3.50125-9
23	An MILP modeling approach to systemic energy technology valuation in the 21st century energy system.	Heuberger <i>et al.</i> (2017)	10.1016/j.egypro.2017.03.1772

Seq	Título	Autor	DOI
24	A real option based model for the valuation of patent protected technological innovation projects.	Hernández-García, Güemes-Castorena e Ponce-Jaramillo (2018) Heuberger <i>et al.</i> (2016)	10.1016/j.wpi.2018.05.002
25	The adequacy of volatility for the elaboration of technology valuation based on real options.	Sung e Park (2018)	10.1080/09537325.2018.1476683
26	Technology valuation method for supporting knowledge management in technology decisions to gain sustainability.	Mämmelä, Juuti e Julkunen (2019)	10.3390/su11123410
27	Technology valuation of NTBFs in the field of cleaner production in terms of investors' flexibility and uncertainty in public policy.	Fattahi, Naeini, Sadjadi (2020)	10.24200/SCI.2019.52078.2523
28	A research and technology valuation model for decision analysis in the environmental and renewable energy sectors.	Valdivia <i>et al.</i> (2020)	10.1016/j.rser.2020.109726
29	Avaliação de Propriedade Intelectual para Comercialização e Transferência de Tecnologia: um estudo de caso no NIT/IFBA (Intellectual Property Valuation for Technology Trading and Transfer: a case study in NIT/IFBA)	Fonseca Ferreira, <i>et al.</i> (2020)	10.22279/navus.2020.v10.p01-23.1046
30	A Study on intelligent technology valuation system: introduction of kibo patent appraisal system II.	Kim <i>et al.</i> (2021)	10.3390/su132212666
31	Modelling of technology valuation in the process of its commercialization.	Kaczmarska, <i>et al.</i> (2021)	10.24425/mper.2021.36874
32	Technology valuation of cellulosic ethanol production by <i>Kluyveromyces marxianus</i> CCT 7735 from sweet sorghum bagasse at elevated temperatures.	Tinôco, Genier e Silveira (2021)	10.1016/j.renene.2021.03.132
33	Valuation of intangible assets based on the real options methodology to evaluate technology investments (Valoración de activos intangibles basados en la metodología de opciones reales para evaluar inversiones tecnológicas.)	De Freitas (2021)	10.53766/ACCON/2021.42.02
34	Technology valuation for intellectual property commercialization.	Kim (2022)	10.21833/ijaas.2022.08.017
35	Towards expert machine collaborations for technology valuation: An interpretable machine learning approach.	Kim <i>et al.</i> (2022)	10.1016/j.techfore.2022.121940
36	Income approach to technology valuation for innovation.	Oh e Park (2022)	10.1504/IJTM.2022.121500

Fonte: dados da pesquisa (2022) com base em levantamento na *WoS*.

Esses artigos abordam vários temas como valoração de tecnologias originadas de universidades (Dissel *et al.*, 2005), métodos quantitativos e qualitativos (Park, Y.; Park, G.

2004), transferência de tecnologias *verdes* (Tinôco; Geinier; Silveira, 2021), entre outros. Park, Y. e Park, G. (2004) propõem um modelo de valoração inédito até aquele ano. O estudo de Dissel *et al.* (2005) expõe as limitações e dificuldades de aplicação dos métodos quantitativos de valoração para tecnologias em estágio inicial. Os autores recomendam o desenvolvimento de métodos e técnicas qualitativas para a valoração de tecnologia em estágio inicial. Oh e Park (2022) procuram resolver essas limitações apresentadas pelos métodos do Valor Presente Líquido (VPL) e o de Opções Reais, com a proposta de uma abordagem de renda modificada denominada Innotech, que incorpora características de inovação e características da indústria no modelo de avaliação. Nessa abordagem modificada para a avaliação de tecnologia inovadora reduz os desafios relacionados à modelagem matemática e à dependência de fatores como prêmio de risco, fluxos de caixa esperados e encargos contributivos. O último exemplo vem de Baek *et al.* (2007), que dedicam sua pesquisa à proposição de um modelo de valoração sob perspectiva de transferência de tecnologia.

Finalmente, os resultados do estudo bibliométrico indicam que a produção científica sobre valoração de tecnologias tem aumentado gradualmente nas últimas duas décadas, apesar de queda no último ano, talvez em decorrência da pandemia da Covid-19 nos anos 2020-2021. A análise de citação revela que a amostra está relacionada e os autores na mesma linha de pesquisa e seus enfoques são próximos. A pesquisa recupera artigos cujo foco é a proposição e/ou a aplicação de métodos de valoração de tecnologias de diferentes naturezas, como explícito no Quadro 11. Ao selecionar métodos de valoração, alguns artigos fazem referência ao nível de prontidão tecnológica, um aspecto fundamental, à transferência e comercialização de tecnologia. A investigação de métodos apropriados de valoração de tecnologias em diferentes níveis de maturidade merece atenção especial.

4.4 Avaliação de Tecnologia

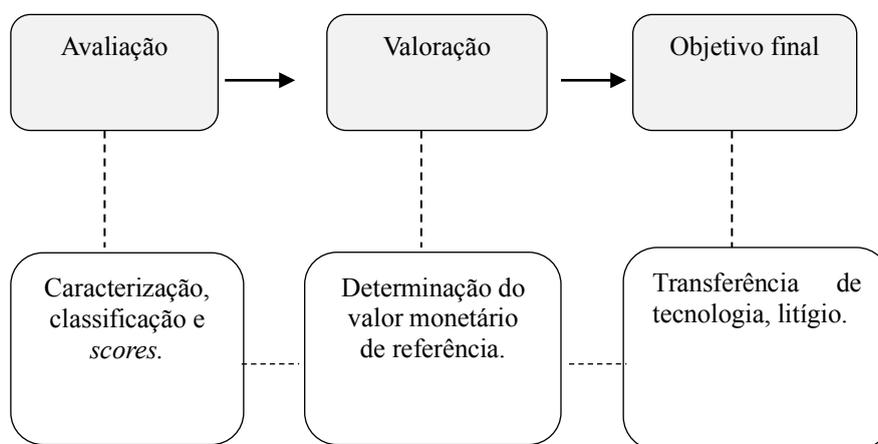
Esta subseção aborda os fundamentos conceituais, a importância e os métodos de avaliação de tecnologias. A avaliação define as estratégias de proteção e de comercialização da nova tecnologia, o que inclui suas características particulares e o potencial de comercialização.

Entende-se que a avaliação, a valoração e a transferência de tecnologia são partes do processo de inovação tecnológica e sua gestão. São, portanto, os mecanismos do mesmo processo, em vista da gestão do conhecimento tecnológico situado em qualquer estágio de

desenvolvimento de P&D, como demonstra a Figura 18, que ilustra a sequência e as relações estabelecidas entre as referidas fases.

Entende-se por avaliação de tecnologias a primeira análise – qualitativa e detalhada – sobre um projeto de P&D, independentemente do seu estágio de desenvolvimento (Santos; Santiago, 2008a). A avaliação tecnológica é fundamental para o processo de transferência de tecnologia para subsidiar as decisões de valorar ou não determinada tecnologia.

Figura 18 - Fases do processo de análise e gestão da tecnologia



Fonte: elaboração do autor.

A **avaliação de uma tecnologia** consiste em caracterizá-la e analisar o seu potencial de comercialização. A caracterização aborda as potencialidades técnicas e econômicas de uma tecnologia específica no ambiente produtivo no qual se pretende introduzi-la, ou seja, as propriedades, o nível de maturidade tecnológica e as possíveis aplicações dessa tecnologia (Santos; Santiago, 2008a; Quintella *et al.*, 2019).

A avaliação tecnológica fornece as bases para a estratégia e os resultados financeiros das organizações. Tipping, Zeffren e Fusfeld (1995) sugerem que uma avaliação de tecnologia deve conter três dimensões de análises: investigação do processo de P&D; comparação da tecnologia em pauta com tecnologias concorrentes similares, para compreender a posição da tecnologia comparada a alternativas disponíveis no mercado ou que estejam em estágio de desenvolvimento; e indicar algumas possibilidades de modelo de negócio e seus potenciais de mercado (Albarello, 2016).

Santos e Santiago (2008a) observam que o foco fundamental da avaliação é compreender o estágio de desenvolvimento da pesquisa, com o apoio, se possível, de *benchmarks* existentes para tecnologias similares. Isso permite, nessa fase preliminar, projetar os procedimentos necessários para comercializar a tecnologia.

O potencial de comercialização satisfatório de uma tecnologia justifica a realização da sua valoração, com vistas à geração de um novo negócio, como *startups*, ou ao seu licenciamento.

Boer (1999) destaca que a avaliação e a valoração de tecnologia são indissociáveis e complementares, independentemente do objetivo pretendido. Para o autor, a abordagem financeira apenas é prejudicial. A avaliação envolve “questões organizacionais, estratégicas e financeiras”. Boer (1999) enfatiza também que nenhuma avaliação é conclusiva, mas ao contrário, trata-se de uma previsão, uma referência para se iniciar as negociações no mercado.

Outro ponto de destaque, sob a ótica de Boer (1999), é que o valor monetário da tecnologia funciona como referência para o preço final da sua negociação, que é decidido pelas partes interessadas. Isso evidencia que valor e preço são unidades distintas. A avaliação contribui para mitigar as incertezas inerentes às próprias tecnologias e aos ambientes organizacional e institucional em que se inserem, prever e reduzir os riscos financeiros e, por consequência, maximizar os benefícios econômicos. Por isso, segundo Frey e Frey (2002), a avaliação é um processo sistemático e complexo. Vega-González e Blesa (2010) reconhecem que existem muitos desafios com os quais o avaliador precisa lidar porque, de acordo com Albarello (2016), a avaliação consiste em uma tarefa subjetiva e a comercialização da tecnologia ocorre no mercado fornecedor.

Assim, a avaliação de tecnologias se concretiza com a aplicação de metodologias capazes de fornecer resultados mensuráveis confiáveis; no entanto, Pitkethly (1997) enfatiza que qualquer método de avaliação é apenas um ponto de partida ou um pequeno passo para a melhor tomada de decisão.

4.4.1 Métodos de avaliação de tecnologias

As análises de tecnologias são realizadas por meio de métodos qualitativos, os quais, conforme Kalip, Erzurumlu e Gün (2022), são concebidos para avaliar, pontuar e classificar os ativos intangíveis baseados em fatores condizentes com a natureza do ativo intangível e buscam responder a *por que e como?* utilizando palavras, características e dados bibliométricos. Os autores afirmam que além de dados bibliométricos, conhecidos também como indicadores de valor ou *proxies*, os indicadores podem ser selecionados ou combinados a partir de níveis de tecnologia, *status* de mercado, fatores financeiros e aspectos gerenciais do proprietário da patente ou setor relacionado. Os autores acrescentam que

As abordagens qualitativas envolvem um exame rigoroso da aplicação atual ou pretendida da patente, analisando suas propriedades, estados ou características na tentativa de determinar o valor por meio da compreensão dos processos e dos padrões comportamentais [...]. Além disso, os indicadores de valor são frequentemente usados em conjunto com o método de padrões da indústria para determinar uma taxa de royalties mais precisa dentro de uma faixa da indústria (Kalip; Erzurumlu; Gün, 2022, p. 5).

Portanto, não é função das abordagens qualitativas oferecer um valor monetário para a tecnologia. Segundo Lagrost *et al.* (2010), a utilidade desse tipo de método é fornecer uma análise da tecnologia para embasar as partes envolvidas na negociação de licenciamento. Para os autores, a possível falta ou inconfiabilidade de dados não compromete a aplicação do método; apesar dessa vantagem, o método recebe críticas com frequência, por envolver algum grau de subjetividade.

Os modelos básicos para avaliação de tecnologias baseiam-se em pontuação e em indicadores, os quais podem ser utilizados, respectivamente, para quantificar o valor monetário ou para classificar alternativas tecnológicas (Park, Y.; Park, G., 2004; Lin; Tang, 2009).

Segundo Park, Y. e Park, G. (2004), o modelo de pontuação – ou *score* – é utilizado com muita frequência e funda-se em um conjunto de fatores para qualificar a tecnologia. O avaliador é o responsável por todos os procedimentos, incluída a seleção dos fatores, a pontuação de cada um e a computação da pontuação total com o uso da adição e/ou multiplicação das pontuações individuais para cada fator. O avaliador atua subjetivamente a partir do seu conhecimento sobre a tecnologia e seu contexto. Albarello (2016) destaca que a principal vantagem do modelo é a simplicidade, enquanto Tipping, Zeffren e Fusfeld (1995) apontam as seguintes desvantagens: dificuldade de indicar um valor para a tecnologia; desconsidera a interdependência entre os aspectos que compõem a estrutura de avaliação; e não consegue diferenciar tecnologias de produto de tecnologias de processo.

O modelo de indicador propicia uma forma funcional de avaliação e gera um valor composto de tecnologia. Esse modelo é mais flexível em relação ao modelo de pontuação, pois pode acomodar medidas mais diversas, como proporção ou porcentagem. No entanto, o modelo de indicadores apresenta as mesmas deficiências do modelo de pontuação (Park, Y.; Park, G. 2004). O modelo monetário baseia-se em métrica monetária de valor para a tecnologia a partir do uso de métodos de orçamento de capital que estimam Fluxo de Caixa Descontado (FCD) com o objetivo de gerar e propor VPL da tecnologia (Park, Y.; Park, G. 2004).

O Quadro 12 apresenta algumas pesquisas que utilizam métodos baseados em escalas de pontuação/classificação, indicadores e valor monetário, os quais em fase posterior podem ser combinados com métodos quantitativos - como projeção de FCD, *royalties* e opções reais.

Vários pesquisadores introduzem o método Análise de Decisão Multicritérios MCDA em seus estudos acerca da valoração – sobretudo de patentes e tecnologias – como ferramenta para os modelos de pontuação e indicadores. O MCDA é um conjunto de métodos e abordagens (quantitativas e qualitativas) para classificar critérios explícitos relacionados a determinado problema, de acordo com sua importância relativa no processo de influência desse problema (Azhar; Radzi; Wan Ahmad, 2021).

Quadro 12 - Publicações sobre avaliação de tecnologias com pontuação e indicadores

Modelo	Autoria	Tipo de Publicação e DOI	Título
Pontuação e classificação	Park, Y. e Park, G. (2004)	Artigo	A new method for technology valuation in monetary value: procedure and application.
	Albarelo (2016)	Tese	Valoração da inovação tecnológica nos projetos de pesquisa e desenvolvimento: aplicação de um modelo para o setor elétrico brasileiro
	Chiu e Chen (2007)	Artigo	Using AHP in patent valuation
	Oliveira (2020)	Tese	Valoração de tecnologias no cenário de transferência de tecnologia entre universidade e empresa no Brasil: uma metodologia proposta
	Vega-González e Blessa (2010)	Artigo	Valuation Methodology for Technology Developed at Academic R&D Groups.
	Cho e Lee (2013)	Artigo	Development of a new technology product evaluation model for assessing commercialization opportunities using Delphi method and fuzzy AHP approach
Indicadores	Lin e Tang (2009)	Artigo	Appraising intangible assets from the Viewpoint of Value Drivers.
	Reitzig (2004)	Artigo 10.1016/j.respol.2004.02.004.	Improving patent valuations for management purposes: validating new indicators by analyzing application rationales.
	Noh <i>et al.</i> (2018)	Artigo 10.1016/j.technovation.2017.10.006	How to improve a technology evaluation model: a data-driven approach.
	Kim <i>et al.</i> (2019)	Artigo 10.1109/tem.2019.2938182	Valuation of University-Originated Technologies: A Predictive Analytics Approach.
Valor Monetário	Park, Y. e Park, G. (2004)	Artigo	A new method for technology valuation in monetary value: procedure and application.

Fonte: dados da pesquisa (2022).

Os métodos multicritérios são adequados para apoiar a valoração de tecnologias individuais (Oliveira, 2020) e *portfolios*. Entre os diversos métodos destacam-se como os mais utilizados para avaliação de tecnologias o Processo de Análise Hierárquica (AHP) (*Analytic hierarchy process*), a Lógica *Fuzzy*, Redes Neurais Artificiais (*Artificial Neural Networks*), ou RNA e suas variações, como o *Fuzzy AHP*.

O Quadro 13 apresenta alguns trabalhos que empregam modelos multicritérios.

Por fim, Pitkethly (1997) aponta que os métodos de avaliação são um ponto de partida ou um pequeno passo para a melhor tomada de decisão, que se complementa com a determinação de valores monetários.

Quadro 13 - Publicações sobre avaliação e valoração de tecnologia com técnicas multicritério

MDC	Autoria e Produção	Título da publicação	Objetivo
Analytic Hierarch Process (AHP)	Lin e Tang (2009) Artigo	Appraising intangible assets from the Viewpoint of Value Drivers.	Proposição de modelo para avaliação de ativos intangíveis.
	Oliveira (2020) Tese	Valoração de tecnologias no cenário de transferência de tecnologia entre universidade e empresa no Brasil: uma metodologia proposta.	Proposição de metodologia de valoração de tecnologias para o cenário brasileiro de transferência de tecnologia.
	Skibniewski e Chao (1992)	Evaluation of advanced construction technology with AHP method	Apresenta abordagem analítica para avaliar os aspectos intangíveis da inovação tecnológica na construção.
	Nam <i>et al.</i> (2022)	Determining criteria in technology valuation through the analytic hierarchy process: a case study in Vietnam	Apontar todos os critérios na avaliação de tecnologia e determinar seus pesos no Vietnã com base na AHP.
Lógica <i>Fuzzy</i> e <i>Fuzzy AHP</i>	Cheng (2013) Artigo	A fuzzy multiple criteria comparison of technology valuation methods for the new materials development.	Avaliar os métodos de valoração de tecnologia para esses novos materiais.
	Wang e Hsieh (2015) Artigo	Measuring the value of patents with fuzzy multiple criteria decision making:	Propõe sistema de medição de valor para inúmeras patentes em todas as disciplinas.
	Lee e Sohn (2016)	Patent portfolio-based indicators to evaluate the commercial benefits of national plant genetic resources	Propõe sistema de avaliação e indicadores específicos para estimar o valor comercial do uso de recursos genéticos na indústria de biotecnologia.
	Cho e Lee (2013)	Development of a new technology product evaluation model for assessing commercialization opportunities using Delphi method and fuzzy AHP approach.	Realiza avaliação preliminar de tecnologia para o desenvolvimento de produtos.
Outros Métodos Multicritérios	Wang <i>et al.</i> (2011)	Evaluating patent portfolios by means of multicriteria analysis.	Propõe e aplica modelo de programação de metas estendidas para medir a importância relativa de patentes, para classificar as empresas.
	Baek <i>et al.</i> (2007)	A technology valuation model to support technology transfer negotiations	Propõe uma metodologia para avaliação objetiva e imparcial de tecnologias maduras.
	Yun, Park e Yoon (2016)	Review on methods of new technology valuation	Sugere método de avaliação de tecnologia sob perspectivas dos compradores.

Fonte: elaboração do autor.

4.5 Valoração de Tecnologia: Conceitos e Métodos

Esta subseção aborda aspectos conceituais e metodológicos sobre valoração de tecnologias, com o intuito de identificar as abordagens e respectivos métodos de valoração para ativos intangíveis, em geral, e as várias formas de valorar tecnologias, em particular.

Conforme Boer (1999), a valoração é a tarefa de quantificar o valor monetário de um ativo, objeto ou entidade. Baek *et al.* (2007) entendem por valoração tecnológica a valoração financeira das tecnologias que têm como saída o valor monetário.

No caso das tecnologias, são três os objetivos específicos da valoração: análise de riscos em investimentos de P&D, seleção de projetos de P&D, solução de litígio e transferência de titularidade por meio de comercialização ou licenciamento, esse último o foco desta tese (Reitzig, 2004), ou seja, é um processo planejado. A sistematização garante que o valor consiste em uma medida mais completa quando engloba a geração operacional, o retorno esperado, a redução significativa dos riscos, o aumento do poder de ganho e a continuidade do negócio (Amaral *et al.*, 2014, p. 127).

A valoração de tecnologia não visa fornecer o valor exato desse ativo para a sua comercialização ou licenciamento, mas estimar valores monetários razoáveis para fundamentar a negociação de transferência da tecnologia (Boer, 1999; Albarello, 2016). O preço final é determinado no processo de negociação entre as partes interessadas. A valoração fornece valores mínimos e máximos que funcionam como referências para embasar a negociação (Silva; Russo, 2014).

Nesse sentido, Santos e Santiago (2008a; 2008b) esclarecem que o objetivo da valoração de tecnologia é estimar um *valor justo*, considerando-se os riscos e incertezas associados aos processos de inovação tecnológica. Para esses autores, valor justo corresponde ao potencial econômico da tecnologia. O *International Accounting Standards Board* (2021, p. 7) define valor justo como o preço que seria recebido pela venda de um ativo ou pago pela transferência de um passivo em uma transação ordenada entre participantes do mercado na data de mensuração. Portanto, entende-se por valor justo o preço consensuado de um ativo entre as partes conhecedoras de um contrato específico de transferência de tecnologia.

Baek *et al.* (2007) apontam que a valoração da tecnologia é essencial porque faltam mercados organizados para esse ativo, nos quais seu preço seria definido por meio do mecanismo de oferta e demanda. Para Hanel (2006), a gestão adequada da propriedade intelectual de uma organização reflete a sua capacidade de mensurar e de avaliar seus *portfolios*. A capacidade de valorar da organização ou do avaliador individual deve-se, em

parte, ao fato de que a valoração de tecnologias é uma tarefa complexa e difícil, independentemente da metodologia que se adote, porque: (i) apesar de existir, a tecnologia é invisível nos balanços patrimoniais das empresa; (ii) se estiver embutida em ativos valorados pela abordagem de custo, isto é, com base em um histórico de valores, não reflete o potencial de geração de valor futuro desta tecnologia (Boer, 1999); (iii) há falta de mercados organizados para negociá-las (Litan; Wallison, 2003). Acrescentam-se a essas razões a especificidade dos ativos em relação a cada setor, a assimetria de informação, bem como os riscos e as incertezas.

4.5.1 Métodos de valoração

Os métodos quantitativos de valoração de ativos intangíveis podem ser classificados em tradicionais e avançados, como mostra o Quadro 14, destacando seus fundamentos, vantagens, desvantagens e os principais métodos relacionados ao ativo tecnologia.

Quadro 14 - Resumo comparativo das abordagens quantitativas de valoração de tecnologia

Abordagem	Fundamento	Vantagem	Desvantagem	Principais métodos	
Tradicionais	Custo	Aplicação quando faltam informações sobre o mercado ou rendas futuras. Baseia-se no princípio de que existe uma ligação entre os custos incorridos durante o desenvolvimento de um ativo de propriedade intelectual e o valor final desse ativo.	Métodos simples, facilidade do cálculo do valor. Requer poucas premissas e estimativas.	Possibilidade de indisponibilidade de dados dos custos. Não estima o potencial futuro da tecnologia gerar valor.	Custo de Substituição Custo de Reprodução
	Mercado	Comparação de tecnologias similares existentes no mercado. Aplicado quando existe quantidade necessária de informações.	O valor calculado é mais real se os dados de mercado estiverem disponíveis.	Mais complexo do que a abordagem baseada em custos. Indisponibilidade de dados de mercado sobre as tecnologias comparáveis.	Mercado de Ações Regra dos 25% Padrão Industrial Método de Leilão Método Análogo
	Renda	Renda estimada com alto grau de previsibilidade, de acordo com o ciclo de vida econômico da tecnologia. Indicado para casos de baixas incertezas.	Estimação do valor presente com base na capacidade de geração de lucro; Determinação do valor presente com base na capacidade de geração de lucro.	Possíveis erros devido à estimativa subjetiva.	Capitalização Direta FCD CAPM Árvore de Decisão <i>Royalties</i> Fator de Tecnologia Estrutura Ajustada ao Risco
Avançado	Opções	Avaliação ajustada a fatores de risco e incertezas.	Considera a incerteza e o risco, tornando a avaliação mais flexível.	Difícil de calcular	Opções Reais Monte Carlo Análise de Árvore de Decisão

Fonte: elaboração do autor com base em Lagrost *et al.* (2010); Banerjee, Bakshi e Sanyal (2017); Pastor *et al.* (2017); Kalip, Erzurumlu e Gün (2022).

4.5.1.1 Métodos de valoração baseados em custo

O enfoque baseado em custo baseia-se no princípio econômico de substituição, em que um comprador racional não pagaria mais e um vendedor disposto não pagaria por uma tecnologia um preço acima do seu custo para criar um ativo intelectual de igual desejo e utilidade (Boer, 2004; (Park, Y.; Park, G., 2004). Segundo Lagrost *et al.* (2010), o enfoque baseado em custos pressupõe existir uma ligação entre os custos incorridos durante o desenvolvimento de um ativo de propriedade intelectual e o valor final desse ativo, a implicar uma correlação direta entre custos e valor.

Para Banerjee, Bakshi e Sanya (2017), a mensuração do valor de uma tecnologia seria a soma dos custos relativos à P&D, despesas promocionais, tempo de gerenciamento, taxas legais de licenciamento e registro, custos de oportunidade e custos de obsolescência tecnológica, econômica e funcional. O método é simples, mas sua aplicação depende da disponibilidade de dados confiáveis, coletados e registrados sistematicamente durante o desenvolvimento do ativo. Santos e Santiago (2008a, 2008b) citam as seguintes inconsistências dessa abordagem: desconsidera os benefícios econômicos futuros do ativo e o risco a esse associado, bem como não avalia o valor do dinheiro no tempo.

Conforme Lagrost *et al.* (2010), os principais métodos são o custo de reprodução e o custo de reposição, conforme breve descrição a seguir.

Quadro 15 - Métodos de valoração baseados em custos

Método	Conceito	Vantagem	Desvantagem
Custo de reprodução, custo histórico ou método do custo de recriação	O método é baseado na compilação de todos os custos incorridos na compra ou criação da réplica de um ativo. O método estima o valor seguindo um processo de desenvolvimento idêntico de um ativo e usa os mesmos componentes, padrões, <i>design</i> , <i>layout</i> e qualidade usados para criar o ativo original.	Métodos simples, operacionalização relativamente fácil, pois os custos de desenvolvimento podem ser obtidos. Estabelecer um preço máximo para a compra de uma tecnologia quando muitas alternativas para substituição estiverem disponíveis.	Incapacidade de avaliar os benefícios futuros da tecnologia. Desconsidera os custos desperdiçados.
Custo de Reposição	O método é baseado no custo de recriação da funcionalidade ou utilidade do ativo, mas de forma diferente. Estima os custos para adquirir um ativo substituto de utilidade comparável na data atual.		

Fonte: elaboração do autor com base em Lagrost *et al.* (2010); Kalip, Erzurumlu e Gün (2022).

4.5.1.2 Métodos de valoração baseados em mercado

A abordagem baseada em mercado garante, conforme Park, Y. e Park, G. (2004), que o valor do ativo tecnológico é mensurado a partir de tecnologias similares existentes no mercado. Pastor *et al.* (2017) afirmam que os métodos de mercado se baseiam em transações semelhantes recentes e preços de mercado de ativos intangíveis similares. Ambos os autores concordam que a aplicação dessa abordagem é limitada porque raramente os dados estão disponíveis. A comparação implica avaliar a similaridade em termos de utilidade, especificidade tecnológica e propriedade e como o mercado percebe o ativo. Além disso, a comparação entre tecnologias similares depende de informações suficientes sobre preços, escopo e outros termos e condições relacionados à troca ou venda do ativo intangível (Lagrost *et al.*, 2010).

Para Orduobadi (2011), os métodos de mercado são limitados para a valoração de novas tecnologias, isso porque os custos de oportunidade referentes às tecnologias maduras são explícitos no processo, mas as novas tecnologias são associadas a vários custos potenciais que decorrem de riscos que ainda seriam previstos antes da tecnologia entrar no mercado. Banerjee, Bakshi e Sanyal (2017) listam seis métodos baseados em mercado: mercado de ações, regra dos 25%, padrão industrial, método de leilão e método análogo.

Quadro 16 - Principais métodos de valoração baseados em mercado

Variantes	Conceito	Vantagens	Desvantagens
Método do mercado de ações.	Estima o valor do intangível com base nas variações do valor do mercado de ações.	Estima a volatilidade dos valores dos ativos intangíveis.	Reflete uma distribuição extremamente dispersa dos valores do ativo.
Regra dos 25%	Taxa de <i>royalty</i> equivalente a 25% dos lucros esperados com a venda do produto que incorpora o ativo em questão, o qual o licenciado deve pagar ao licenciante.	Amplamente utilizado, o método dá suporte ao acordo de negociação. Vinculado adequadamente à lucratividade.	Recompensa a ineficiência comercial dos licenciados. Variabilidade anual significativa. Dificuldade de estimar o benefício do licenciamento e possível desequilíbrio.
Padrões industriais	O ativo tecnológico é avaliado com base em valores utilizados no setor ao qual pertence, inclusive a taxa de <i>royalty</i> .	Os valores utilizados como bases se fundamentam no mercado. Não são necessários cálculos.	Dificuldade de obtenção de informações de mercado.
Método de Leilão	O ativo é vendido em leilão hipoteticamente perfeito com potenciais compradores bem-informados. O preço do ativo é determinado por licitação.	O valor justo é determinado pelo vendedor e pelos compradores.	O uso de leilões é muito mais complicado do que um pagamento por meio de <i>royalties</i> .
Método análogo	Mensura o valor do ativo baseado em preços de transações de similares existentes no mercado. Taxa de <i>royalty</i> comparável também pode ser usada.	As informações sobre transações de mercado podem ser obtidas por meio de publicações científicas e relatórios de empresas de capital aberto.	Dados adequados de transações comparáveis raramente podem ser encontrados. Os preços pagos nem sempre são os de equilíbrio.

Fonte: elaboração do autor com base em Lagrost *et al.* (2010); Banerjee, Bakshi e Sanyal (2017); Kalip, Erzurumlu e Gün (2022).

Lagrost *et al.* (2010) corroboram Hagelin, (2002) sobre os métodos com foco em mercado serem válidos caso atendam aos seguintes requisitos: o mercado deve existir e ser ativo; um número suficiente de trocas de ativos semelhantes deve ter sido realizado; informações sobre a transação devem estar disponíveis; e as transações devem ter sido feitas entre partes independentes.

4.5.1.3 Métodos de valoração baseados em renda

O enfoque baseado em renda postula que o valor de um ativo intangível é determinado pela sua capacidade de gerar renda no futuro. A mensuração é feita por meio do VPL da renda durante a vida útil da tecnologia em análise, sem associar aos cálculos os custos de desenvolvimento do ativo (Park, Y.; Park, G., 2004; Baek *et al.*, 2007). O enfoque baseado em renda é mais adequado para a valoração de propriedades industriais – como patentes, marcas e direitos autorais (Pojo, 2019) –, mas se aplica, também, com frequência, para avaliação de tecnologias, seja como metodologia principal, seja como complementar a outros métodos (Park, Y.; Park, G., 2004; Albarello, 2016; Oliveira, 2020).

Segundo Banerjee, Bakshi e Sanyal (2017), os principais métodos baseados são: capitalização direta, fluxo de caixa descontado, capitalização direta, *capital asset pricing model*, *royalty*, fator de tecnologia e estrutura ajustada ao risco legal (Quadro 17). Entre esses métodos, o FCD é o mais utilizado por tomadores de decisão para a valoração de novas tecnologias, como afirmam Baek *et al.* (2007) e Santos e Santiago (2008b), tanto no meio acadêmico quanto no profissional.

Quadro 17 - Métodos de valoração baseados em renda

Métodos	Conceito	Vantagens	Desvantagens
Capitalização direta	Estimativa da medida apropriada da receita econômica para um período futuro até a data da valoração e divide tal medida por uma taxa de capitalização.	Incorpora no fluxo tempo e incertezas. Tem relativa facilidade. A definição da extensão do período associado à taxa de capitalização depende da expectativa do avaliador sobre a duração do fluxo da renda.	A taxa de desconto inclui o risco variável ao longo de sua vida. Possui certo grau de incerteza e de subjetividade por ser estimativa.
Fluxo de Caixa Descontado.	Projeta o fluxo de renda esperado futuro e o converte em um VPL ao aplicar uma taxa de desconto apropriada. Sobre os fluxos de renda para anos posteriores devem incidir taxa de desconto para comparar com um	O FCD estima o fluxo de renda esperado futuro e o converte em um VPL com a aplicação de uma taxa de desconto apropriada. Método fácil, embora seja mais complexo do que o método de custos.	Existe dificuldade para se escolher uma taxa de desconto adequada para representar o risco, pois alguns fatores como inflação, liquidez e prêmio de risco afetam a taxa. O FCD não reflete

Métodos	Conceito	Vantagens	Desvantagens
	investimento alternativo.		precisamente o valor de tecnologia que não gera lucro direto e daquela cujos lucros futuros são difíceis de estimar. Não captura as flexibilidades gerenciais, pois está orientado para a possibilidade de investimento ou não investimento, além de admitir taxa única de desconto.
Modelo de Precificação de Ativos Financeiros – CAPM (<i>Capital Asset Pricing Model</i>)	Modelo se baseia na teoria da relação entre risco e retorno. Estima a taxa de desconto como a soma do prêmio pelo valor do dinheiro no tempo e o prêmio de risco proporcional ao valor esperado do <i>spread</i> de mercado multiplicado por um fator beta (β).	A taxa de retorno, conhecida também por taxa de desconto, reflete os riscos sistemáticos de um ativo, ou seja, aqueles riscos que não podem ser diversificados pelo investidor.	Embora o CAPM represente um progresso considerável na teoria de precificação de ativos, existem deficiências que devem ser abordadas.
Dispensa de <i>Royalty</i> (em inglês, <i>Relief-from-royalty method values</i>)	Avalia o ativo intangível descontando os pagamentos de <i>royalties</i> que o adquirente teria que pagar em um acordo de licenciamento em condições normais de mercado para garantir o acesso aos mesmos direitos.	As estimativas de taxas de licenças são mais fáceis e adequadas do que a determinação direta de preços de mercado de compra similares.	Dificuldade de selecionar taxas de <i>royalties</i> apropriadas.
Fator de tecnologia	Estima um limite superior de renda possível com tecnologia. A estimativa é ajustada por atributos competitivos para chegar à receita esperada.	Processo simples, estruturado e fácil	Não fornece um meio quantitativo para determinar o fluxo de caixa incremental atribuível a uma tecnologia.
Estrutura de Avaliação Ajustada para Riscos Legais.	O valor da patente é estimado pela fórmula: Valor da patente = (valor da patente sem risco) * (1 - (desconto) * (impacto))	Considera descontos sinérgicos no <i>portfolio</i> , fatores de assimetria de informação.	A análise econômica pode ser alterada, devido à ocultação, engano, comunicação incompleta ou informações que são difíceis e custosas, devido a não clareza da fórmula das taxas de descontos.

Fonte: elaboração do autor com base em Banerjee, Bakshi e Sanyal (2017); Kalip, Erzurumlu e Gün (2022).

4.5.1.4 Métodos de valoração baseados em opções

Os métodos *Opções Reais* são estimados como extensões do enfoque da renda, considerados avançados e modernos pelos autores Lagrost *et al.* (2010) e Pastor *et al.* (2017).

São três os métodos: Opções Reais, Monte Carlo e árvore de decisão, cujas principais características estão apresentadas a seguir.

Quadro 18 - Métodos de valoração baseados em opções

Variantes	Conceito	Vantagens	Desvantagens
Opções Reais	Método utilizado para a valoração do resultado líquido do projeto, descontadas as incertezas. Quantifica o valor do ativo intangível. Existem dois modelos para avaliação da opção: modelo Black Scholes e o modelo Binomial.	Considera o risco variável das patentes durante sua vida útil. Possibilidade de captação das flexibilidades gerenciais para a tomada de decisões em projetos de investimento. Fornece ao gestor apoio para decidir o melhor momento para começar um projeto, vender ou comprar um ativo. O melhor momento é aquele com menor ou nenhuma incerteza de mercado visando maximizar os lucros e minimizar as perdas com investimento em tecnologias.	A estimativa de variância é difícil. Pelo método Black Scholes supõe-se não haver pagamentos intermediários, enquanto os fluxos de caixa são esperados ao longo da vida útil das patentes. Difícil prever fluxos de caixa esperados da patente.
Monte Carlo	A simulação Monte Carlo (SMC) é uma técnica probabilística para selecionar uma opção tecnológica aleatória de uma distribuição de probabilidade para uso em uma simulação. Mensura riscos relativos à valoração de ativos por meio de métodos como opções reais e o fluxo de caixa descontado. SMC é orientado para análises estocásticas.	O modelo SMC é estocástico e permite uma análise estatística do risco. Utilização combinada com a aplicação de um método de enfoque da renda para avaliar tecnologias em estágio inicial de desenvolvimento. Permite a simulação de vários cenários hipotéticos para se obter uma distribuição ponderada pela probabilidade de chegar a diferentes valores de ativos, diferente de outros métodos de valoração.	Em alguns casos ocorre erro de discretização de processos estocásticos contínuos. Os valores de entrada amostrais não representam de forma perfeita as distribuições probabilísticas dos <i>inputs</i> .
Análise de Árvore de Decisão	A análise da árvore de decisão (DTA) pode fornecer diferentes opções, e cada ramificação da opção pode ser calculada com métodos FCD. Os nós da árvore de decisão propiciam o monitoramento de possíveis resultados pelo avaliador.	Enriquece a tomada de decisão pelo fornecimento de uma análise lógica e sistemática, com a finalidade de melhor avaliar, quantificar, e entender os riscos. A DTA é considerada adequada para valoração de patente e tecnologia e relativamente fácil de aplicar, em comparação com outros métodos avançados.	Subjetividade e implementação do modelo são complexas, porque, tendo riscos diferentes, a taxa de desconto é diferente.

Fonte: elaboração do autor, baseado em Banerjee, Bakshi e Sanyal (2017); Kalip, Erzurumlu e Gün (2022).

Portanto, a partir das visões de Thorn *et al.* (2011) e Razgaitis (2003) sobre a complexidade do processo de valoração de tecnologias, Oliveira (2020) corrobora que cada método oferece resultados por diferentes perspectivas devido a suas qualidades e deficiências

particulares. O autor recomenda se considerar, em um método de valoração escolhido, a economia e o grau de desenvolvimento do país onde se produz a tecnologia.

4.5.2 Métodos híbridos de valoração

Segundo Kalip, Erzurumlu e Gün (2022), o fundamento dos métodos híbridos é a combinação de técnicas qualitativas e quantitativas. Verbano e Crema (2013) analisam quinze artigos que tratam de métodos híbridos e propõem uma estrutura integrada para a mensuração do capital intelectual. Esses métodos são chamados também de híbridos. Conforme as autoras, os métodos qualitativos são perceptivos e aplicados com frequência quando o objeto a ser avaliado ou o atributo em questão não é quantificável, mas o resultado é fornecido em medidas quantitativas. Segundo Verbano e Crema (2013), entre os anos 2000-2007 vários autores defenderam a necessidade de novos métodos e novos indicadores para os gestores e investidores interessados em ativos intangíveis da empresa, para que tivessem as informações mais relevantes em suas tomadas de decisão.

4.6 Métodos Acadêmicos de Valoração

O aumento da geração e transferência de conhecimento tecnológico tem estreitado, cada vez mais, as relações de cooperação técnica entre universidade e empresas. Estimula, cada vez mais, a importância da valoração de tecnologias nessas instituições.

Kim *et al.* (2019) expressam o entendimento de muitos estudiosos acadêmicos ao caracterizar as tecnologias com origem em universidades como invenções em estágio inicial e básicas, em vez de maduras e aplicadas. Nesse contexto, a avaliação da tecnologia é considerada pelos autores uma tarefa intratável, além do valor econômico desse ativo intangível ser impactado por vários fatores e se efetivar após sua comercialização. Entre esses fatores estão os riscos e incertezas típicos do processo de inovação tecnológica e os relativos aos ambientes micro e macroeconômico em que ocorrem.

Embora as universidades em geral cumpram papel crucial em P&D, Oliveira (2020, p. 160) ressalta ser comum as tecnologias oriundas dessas instituições em países em desenvolvimento geralmente não alcançarem o grau de maturidade e, assim, são transferidas para o setor produtivo.

Em que pese existir uma diversidade de modelos e métodos de valoração, uma dúvida comum na literatura é sobre como avaliar em bases científicas o valor econômico de tecnologias oriundas de universidades. A compreensão a respeito dessa questão é essencial a

fim de, pelo menos, evitar ou reduzir distorções nas análises. Kim *et al.* (2019) entendem que é adequada a integração de métodos disponíveis para criar sinergias e superar possíveis limitações de cada um dos métodos quando aplicados individualmente. Kim *et al.* (2019) ampliam sua contribuição à discussão com a identificação na literatura de quatro aspectos centrais referentes a esse problema: (a) qualquer método deve quantificar o valor monetário das tecnologias, em vez de produzir resultados qualitativos, para fornecer assistência prática; (b) características tecnológicas distintas devem ser incorporadas à avaliação, pois os fatores tecnológicos são centrais na comercialização de tecnologias originadas em universidades; (c) é imprescindível a qualidade do método, o que deve ser comprovado por meio de validação; e (d) qualquer método deve propiciar uma análise rápida de ampla série de tecnologias, visando apoiar a tomada de decisão eficaz.

Contudo, a tecnologia pode ser avaliada e valorada em qualquer um dos estágios de desenvolvimento. As etapas iniciais de desenvolvimento das tecnologias, ou seja, entre a prova de conceito e o protótipo, dificultam conhecer totalmente as suas propriedades e aplicações potenciais (Kim *et al.*, 2019).

O experimento de avaliação realizado por Kim *et al.* (2019) envolve tecnologias registradas no *Office of Technology Licensing* (OTL) da Universidade de Stanford, com uso da integração de dois modelos, que denominam *valor monetário* e *valor de patentes*. O primeiro modelo estima o valor monetário de tecnologias por meio de métodos de orçamento de capital – como VPL e taxa interna de retorno (TIR) – e se referem aos conhecidos métodos de custo, mercado, renda e opções reais (Kim *et al.*, 2019).

4.6.1 Principais métodos de valoração de tecnologia originadas em universidades

Pode-se entender como métodos acadêmicos de valoração aqueles desenvolvidos por pesquisadores que mantêm algum vínculo com universidades e centros de pesquisa científica e tecnológica. No contexto de universidade, são propostos vários métodos para valoração de tecnologias. Os métodos tradicionais mais utilizados, individualmente ou combinados com outros, são o FCD, a regra do 25% e Opções Reais (OR).

O FCD é um dos métodos de abordagem baseada na renda mais utilizados para valoração de tecnologias geradas em universidades. O seu foco é a projeção de um valor monetário que o investidor espera obter em virtude de financiamento em um ativo. A projeção do fluxo de caixa inclui receitas, despesas e investimentos relacionados a uma tecnologia ao longo de um período, que geralmente é entre 5-10 anos (Boer, 1999, 2004; Lev, 2001;

Oliveira *et al.*, 2020; Kalip; Erzurumlu; Gün, 2022). Em que pese o FCD ser um método de valoração tradicional, é considerado o ponto de partida para a maioria dos métodos das três abordagens e tem como requisito três estimativas: receita, ciclo de vida da tecnologia e taxa de desconto (Kalip; Erzurumlu; Gün, 2022). A taxa de desconto está associada aos custos de financiamento da tecnologia e varia entre 20% e 50% ao ano, de acordo com a propriedade intelectual em questão. A taxa engloba os riscos específicos de um setor industrial e os riscos do mercado.

Park e Kang (2015) esclarecem que existem três determinantes para valoração com o FCD: o tempo de vida estimado da tecnologia, a taxa de desconto e o nível de contribuição da tecnologia para os fluxos de caixa esperados.

A partir do fluxo de caixa descontado é possível estimar o VPL de tecnologias. O VPL é importante e contribui para a tomada de decisão em relação ao investimento; quando esse apresenta resultado positivo, significa que o projeto pode ser economicamente viável e deve ser aceito. Quando for igual a zero, significa que o custo inicial será recuperado e a taxa exigida será paga. Quando é negativo, o projeto é considerado inviável e deve ser rejeitado (Senna, 2011).

Uma das principais desvantagens do FCD é a dificuldade para se determinar uma taxa de desconto adequada que incorpore os riscos relacionados, pois as informações disponíveis geralmente são insuficientes para se estimar uma taxa justa (Santos; Santiago, 2008b).

O método Regra dos 25% ou regra de ouro (Banerjee; Bakshi; Sanyal, 2017) é o mais aplicado em valoração de tecnologias para licenciamento (Razgaitis, 2003) e consiste no pagamento – feito pelo licenciado ao licenciante da tecnologia – de uma taxa de *royalty* equivalente a 25% do lucro bruto esperado sobre o ativo. O método é fácil para aplicar, mas sua desvantagem é desconsiderar que a variação dos gastos entre setores resulta da sua participação no lucro bruto (Kalip; Erzurumlu; Gün, 2022).

O método OR refere-se ao confronto de situações contingentes de escolhas entre alternativas tecnológicas subjacentes à complexidade e as incertezas; geralmente os *stakeholders* adotam distintas regras de decisão, aprendem e se satisfazem pelo menos com posições subótimas, em decorrência da limitação cognitiva peculiar ao ser humano diante de cálculos de resultados futuros esperados (Simon, 1979). Para a valoração de tecnologias nesse contexto, pode-se recorrer ao método OR.

Chiesa, Gilardoni e Manzini (2005) esclarecem que os métodos de custo, mercado e renda apresentam limitações importantes porque abarcam ativos tecnológicos específicos sem considerar a oportunidade e o risco que incorporam. O método de renda supõe que a projeção

corresponderá ao fluxo de caixa esperado e tenta eliminar ou amenizar o risco, como a taxa de contribuição. Contudo, o fluxo de caixa geralmente é estocástico e arriscado por natureza, porque suas características são diferentes e podem mudar ao longo do tempo do projeto (se não for ajustado por outro método possível).

A abordagem das opções reais é uma extensão da teoria das opções financeiras. A OR é útil para apoiar a tomada de decisão de desenvolvimento de novas tecnologias. Também pode ser utilizada para se determinar o valor dos ativos tecnológicos durante um processo de transação quando a informação é incompleta e desconhecida e o avaliador pode (deve) usar a teoria da opção para explicitar o risco e a incerteza (Chiesa; Gilardoni; Manzini, 2005).

O escopo do método OR tenta superar os dos métodos tradicionais em alguns aspectos, especialmente no que tange aos riscos. Seu foco principal são os direitos contingentes de um gestor comprar ou vender um ativo tecnológico por um preço fixo até determinada data. A propriedade de uma patente pela empresa é um exemplo de direito que, conforme Damodaran (2007), garante à empresa a opção de desenvolver e comercializar algum produto ou serviço derivado dessa patente.

Oliveira (2020) ressalta que a OR consiste em uma ferramenta de valoração que considera as opções um direito em que a opção é corrigida de acordo com o ambiente futuro. Borges (2019) também defende que OR refletem a existência de uma decisão complexa em que a incerteza dificulta a análise *ex ante* das variáveis estimadas e que, dessa maneira, apenas o decorrer do tempo mostra se a melhor decisão foi tomada.

Conforme Baek *et al.* (2007), em relação aos tradicionais, considera-se OR um modelo robusto, mais amplo e completo. A finalidade do método é a escolha da melhor alternativa entre várias tecnologias para uma negociação específica. Para tanto, prevê a ocorrência de eventos que afetem as decisões futuras de investimento. Outra vantagem da abordagem das OR é a possibilidade de integração com outros métodos. Borges (2019) utiliza a *Lógica Fuzzy Payof Method* e o FCD para obter o valor líquido presente de campos de petróleo. A principal desvantagem do método é a complexidade da estimativa das incertezas e dos cálculos (Chiesa; Gilardoni; Manzini, 2005).

O escopo do método OR torna-o adaptado para lidar com a incerteza e flexibilidade (Chiesa; Gilardoni; Manzini, 2005) tanto de gerenciamento quanto de adaptação às diferentes condições de mercado, quando é o caso. O método requer a identificação dos seguintes parâmetros referentes à tecnologia: o VPL, o desvio padrão do valor do projeto, o custo de investimento do projeto, o tempo sobrando para investir e o valor de juros sem risco.

Seguindo a visão de Lee (2016), entende-se que em uma valoração de tecnologia com opções reais o valor estimado é a soma do valor da tecnologia e do valor das OR.

Portanto, a escolha de um método para valorar determinado ativo tecnológico deve levar em consideração os seguintes aspectos: a abordagem de custo, quando não existirem informações sobre mercado ou rendimentos futuros; a abordagem de mercado, quando existir quantidade suficiente de dados de mercado; a abordagem da renda, quando os fluxos de caixa futuros são estimados com boa previsibilidade e as incertezas são baixas; a abordagem de OR, quando a incerteza é alta (Frey; Teodoro; Ghesti, 2019, p. 167).

O Quadro 19 apresenta oito diferentes métodos acadêmicos de valoração publicados entre os anos 2004-2022, visando complementar o mapeamento proposto por Oliveira (2020), com base em vários autores, sobretudo Banerjee, Bakshi e Sanyal (2017).

Quadro 19 - Métodos acadêmicos de valoração publicados em artigos entre 2004-2022

Autoria	Título	Objetivo	Método	Resultados
Lin e Tang (2009)	Appraising intangible assets from the Viewpoint of Value Drivers.	Propor um modelo para avaliação de ativos intangíveis visando contribuir para que a empresa analise corretamente os índices financeiros.	Processo Analítico Hierárquico (AHP). Modelo com 5 dimensões e 22 critérios, ponderados pela sua relevância para ativos intangíveis.	O AHP é uma técnica alternativa ao método Fluxo de Caixa Descontado, adequada como suporte para o processo de avaliação de ativos intangíveis em geral.
Park, Y. e Park, G. (2004)	A new method for technology valuation in monetary value: procedure and application	Proposição de um novo método de valoração de tecnologia que seja de fácil aplicação e ao mesmo tempo gere valor monetário, em vez de pontuação ou índice da tecnologia de interesse.	O modelo estima o FCD para gerar o VPL da tecnologia. Combina vários modelos em que escores ou índices são usados.	O modelo mostrou-se eficaz para a determinação do valor monetário (VPL) da tecnologia de produto em questão a uma taxa de desconto específica.
Jang e Lee (2013)	A technology valuation model for the defense R&D with income approach.	Aplicação da abordagem de renda para avaliar tecnologia de P&D de defesa.	Apresenta a estrutura teórica de avaliação de tecnologia sob a abordagem de renda. Aplica o estudo de caso empírico com base na implementação real de P&D na RoK e fornece questões políticas relevantes e direção para o futuro próximo.	O modelo é útil para a avaliação de tecnologia de P&D de defesa. Pesquisa original, pois assume a abordagem de renda no campo de tecnologia de P&D de defesa. Contribuirá para desenvolvimento de estruturas de avaliação de tecnologia de defesa. Devido à falta de bancos de dados confiáveis, novas pesquisas devem ser realizadas.
Mämmelä, Juuti e	Technology valuation method for	Propor um novo método de avaliação	Metodologia <i>design</i> (DRM), com 3	Utilizar distinções entre propriedades e

Autoria	Título	Objetivo	Método	Resultados
Julkunen (2019)	supporting knowledge management in technology decisions to gain sustainability.	de tecnologia (TVM) para apoiar a gestão do conhecimento (KM) na tomada de decisões tecnológicas na indústria de manufatura para obter sustentabilidade.	estudos de caso na indústria de manufatura. Execução do TVM em 6 etapas, distribuídas em: aquisição, modelagem e validação do conhecimento relacionado ao produto para apoiar as decisões de tecnologia.	comportamentos de produtos com vistas à compreensão do potencial da tecnologia. Durante o processo, o conhecimento tácito torna-se visível e documentado, o que dá suporte à confiabilidade das decisões de tecnologia e permite que as empresas ganhem sustentabilidade.
Hernández-García, Güemes-Castorena e Ponce-Jaramillo (2018)	A real option based model for the valuation of patent protected technological innovation projects.	Propõe o desenvolvimento de um modelo e de uma ferramenta baseada em OR para apoiar os tomadores de decisão no processo de avaliação de projetos sob incerteza.	O modelo se baseia na simulação do método OR. Foi construído no Microsoft Excel e executado no <i>software</i> Crystal Ball.	Além do desenvolvimento de um modelo baseado em OR e uma ferramenta para valoração, o artigo apresenta a distribuição de probabilidade do valor do projeto e a porcentagem de vezes que o lucro é gerado, fatores críticos na hora de decidir investir em um projeto tecnológico.
Kaczmarska <i>et al.</i> (2021)	Modelling of technology valuation in the process of its commercialization.	Apresenta a concepção do autor sobre o modelo do processo de comercialização, levando em consideração os custos e o valor da tecnologia nas diversas etapas do ciclo de vida do produto.	O modelo utiliza abordagem estocástica para determinar receitas e custos futuros, o que permite estimar o valor da tecnologia por meio da determinação da probabilidade de validade da avaliação.	A abordagem estocástica proposta aumenta consideravelmente as chances de utilização das soluções apresentadas em atividades práticas relacionadas à valoração de tecnologia para fins de transações de compra e venda.
Oh e Park (2022)	Income approach to technology valuation for innovation.	Propõe uma abordagem de renda modificada chamada <i>Innotech</i> .		A abordagem <i>Innotech</i> incorpora características de inovação e características da indústria no modelo de avaliação. A abordagem reduz os desafios relacionados à modelagem matemática e à dependência de fatores como prêmio de risco, fluxos de caixa esperados e encargos contributivos.
Sung e Park (2018)	The adequacy of volatility for the	Fornece um modelo de opções reais mais	Estimativa de volatilidade com o	O fortalecimento do mercado de base

Autoria	Título	Objetivo	Método	Resultados
	elaboration of technology valuation based on real options	elaborado, o qual reflete a incerteza no modelo de precificação de opções (OPM).	método de rentabilidade baseado em FC em logaritmo natural e simulação Monte Carlo (calcular a volatilidade no modelo de Black-Scholes). Determinação do intervalo de validade da volatilidade na condição de que seja dada a relação específica de despesas adicionais para comercialização ao valor presente do ativo subjacente obtido dos fluxos de caixa livres (FCF).	tecnológica com vários objetivos, como transferência de tecnologia, licenciamento de tecnologia, financiamento de tecnologia.

Fonte: elaboração do autor.

No Quadro 20 elencam-se teses e dissertações defendidas no Brasil sobre valoração de tecnologias; dessas, a maioria origina-se em universidades públicas do país, no período 2003-2020. O propósito do levantamento no catálogo de teses e dissertações da Capes é identificar estudos brasileiros com foco em proposição de métodos e procedimentos de valoração e transferência de tecnologia. Esse levantamento visa complementar os achados por Oliveira (2020).

Quadro 20 - Teses e dissertações sobre valoração de tecnologias com origem em universidade

Autor(a)	Título	Objetivo	Metodologia	Contribuições
Oliveira (2020) Tese UFMG	Valoração de tecnologias no cenário de transferência de tecnologia entre universidade e empresa no Brasil: uma metodologia proposta.	Desenvolver uma metodologia de valoração de tecnologias destinada ao cenário brasileiro de transferência de tecnologia.	Metodologia apresentada por capítulo: métodos de pontuação e classificação usando Analytic Hierarchy Process (AHP); métodos estatísticos (correlação, regressão e teste de hipóteses).	Desenvolvimento do método denominado TVT - Termômetro da Valoração de Tecnologias, que pode ser usado por NIT brasileiros. Valor de negociação da tecnologia, o valor da taxa <i>up-front</i> e a taxa de <i>royalties</i> .
Fochesatto (2020) Dissertação UFMT	<i>Framework</i> de valoração de ativos intangíveis: uma proposta para a determinação do valor de referência de	Proposição de um <i>framework</i> para valoração econômica de referências de patentes da Universidade Federal de Mato	Revisão sistemática da literatura sobre metodologias de valoração de tecnologias para analisar as mais difundidas.	Necessidade de novos modelos de valoração de tecnologias e intangíveis em instituições públicas de pesquisa. Algumas metodologias somente podem ser

Autor(a)	Título	Objetivo	Metodologia	Contribuições
	patentes na UFMT.	Grosso (UFMT).	Mapeamento do processo de transferência de tecnologias na UFMT, utilizando a Notação de Modelagem de Processos de Negócio (BPMN). Valoração de 3 patentes no <i>portfolio</i> da UFMT com auxílio do <i>framework</i> proposto.	aplicadas a partir de determinado grau de maturidade da tecnologia. Necessidade de estudos de inteligência de mercado no contexto regional de Mato Grosso.
Pojo (2019) UFRGS Tese	Transferência e valoração de tecnologias no contexto das universidades: um estudo comparativo Brasil e Portugal.	Analisar o processo de transferência e valoração de tecnologias no contexto das universidades públicas.	Estudo exploratório com estudo de caso comparativo entre universidades do Brasil e Portugal, selecionadas partir de entrevistas, análise documental e observações.	Identificação de fatores facilitadores e barreiras no processo de licenciamento e valoração. Foi proposto um método prático de cálculo de <i>royalties</i> a partir de algumas variáveis, com base na literatura e nos achados.
Lorenzoni (2019) Dissertação UFSC	Metodologia para valoração tecnológica em universidades.	Propor uma metodologia para valoração tecnológica adaptável às diversas áreas do conhecimento em universidades.	Mensuração de aspectos qualitativos (maturidade tecnológica, potencial mercadológico e abordagem institucional). Desenvolvimento de método com a lógica Fuzzy. Aplicação dos métodos de valoração de custos, mercado, FCD e TOR.	A metodologia consegue mensurar a taxa de retorno da tecnologia, baseado nos riscos oriundos da tecnologia e do mercado em que se insere. A avaliação qualitativa pode ser aplicada por NIT para definir se uma tecnologia deve ser protegida. Oferece sistema de avaliação via <i>web</i> .
Hoss (2003) Tese UFSC	Modelo de Avaliação de ativos intangíveis para Instituições de Ensino Superior Privado.	Avaliar os ativos intangíveis em instituições de ensino superior privado, e identificar as metodologias e modelos existentes para este fim.	Método dedutivo, estudo de caso e pesquisa descritiva. O modelo proposto é baseado em quatro pilares: humano, processos, estrutural e ambiental, sob o foco passado-presente e presente-futuro.	Modelo aplicável, pesquisa original, e contribui para a ciência.

Fonte: elaboração do autor.

4.7 Transferência de Tecnologia entre Universidade e Empresa

Embora não seja o objetivo principal deste estudo, a transferência de tecnologia entre universidade e empresa na literatura é intensamente examinada no contexto da valoração, o que justifica abordá-la aqui, uma vez que o valor monetário serve como referência para a definição do preço final da patente ou tecnologia durante a negociação. Além disso, o método de valoração escolhido depende da modalidade da transferência.

A transferência de propriedades intelectuais originadas em universidades públicas ou privadas tem importantes implicações políticas, econômicas e sociais. No caso específico de tecnologias, engloba a transferência de conhecimento científico e tecnológico, seja protegido ou não protegido. O tema desperta significativo interesse, a ponto de Gibson e Smilor (1991, p. 287) se referirem a uma “teoria estabelecida de transferência de tecnologia”. Estudos apontam a incidência elevada de comercialização e licenciamento de propriedade intelectual em universidades de países desenvolvidos desde a década de 1990 (Siegel; Veugelers; Wright, 2007; Colombelli, 2021). Conforme Philippi e Maccari (2018), a transferência de tecnologia entre universidade e empresas é vista como estratégia de inovação aberta. As universidades e regiões são responsáveis pela formulação e implementação de estratégias coerentes e viáveis de transferência e comercialização de tecnologias (Siegel; Veugelers; Wright, 2007).

Wahab, Rose e Osman (2012, p. 63-65) realizam revisão acerca do conceito e definição de transferência de tecnologia entre 1957-2003. Embora não apresentem definição conclusiva, ressaltam que existem muitas interpretações e diferentes correntes sobre os conceitos de tecnologia e transferência de tecnologia, de acordo com os objetivos das organizações, histórico da pesquisa, pesquisadores, desenvolvedores, usuários, áreas e disciplinas da pesquisa e teorias subjacentes. Prevalece entre os autores que a transferência de tecnologia é um processo de transmissão de conhecimentos aplicados. Posto isso, pode-se definir transferência de tecnologia como o processo de transmissão de conhecimentos na forma de soluções tecnológicas das universidades para as empresas. Esse processo deve permitir à empresa utilizar a sua capacidade tecnológica para dominar, desenvolver e produzir com autonomia determinado produto ou fornecer serviço específico.

Bozeman (2000, p. 629) afirma que o uso do termo *transferência de tecnologia* serve “para descrever e analisar uma série de inter-relações organizacionais e institucionais para realização de intercâmbios relativos à tecnologia”.

A transferência de tecnologia tem por objetivos a introdução de novas técnicas por meio do investimento em novas plantas, o aprimoramento das técnicas existentes e a geração

de novos conhecimentos. Uma transferência de tecnologia pode se materializar nas formas de produto – no qual a tecnologia está embutida – ou de processo (Hoffman; Girvan, 1990; Dass, 1987 *apud* Wahab; Rose; Osman, 2012), visando à melhoria da eficiência produtiva. Nas palavras de Teece (1977), as tecnologias podem ser transferidas de ferramentas, equipamentos e plantas ou de métodos e procedimentos.

Observa-se que a transferência de tecnologia entre universidades e empresas é um processo multidimensional, complexo e difícil, com envolvimento de avaliação tecnológica, valoração e negociação, além de monitoramento contratual, o que pode gerar custos de transação e, por consequência, induzir ao comportamento oportunista.

O processo começa com uma descoberta de pesquisa realizada pelo pesquisador universitário e termina com uma licença da propriedade intelectual desse resultado, a qual é transferida para uma empresa do setor produtivo (Siege *et al.*, 2003). Upstill e Symington (2022) identificam três principais modalidades de transferência de tecnologia desenvolvidas por instituições públicas de pesquisa: transferências não comerciais; transferências comerciais e criação de novas empresas.

A transferência não comercial é aquela realizada por diferentes tipos de divulgação da tecnologia após o seu patenteamento para os interessados em conhecê-la, em que se utilizam seminários e aulas de campo; simpósios e colóquios científicos; publicações de artigos científicos em revistas especializadas e livros; congressos e conferências; e divulgações informais e intercâmbios.

A transferência comercial é aquela em que se transfere a tecnologia sob remuneração, incluindo-se pesquisa em grupo; pesquisa contratada pelas indústrias; consultorias e serviços técnicos; e licenciamento e vendas de propriedade intelectual.

A criação de empresas é a modalidade de transferência de tecnologia por intermédio de ações empreendedoras de pesquisadores, docentes e técnicos de universidades por meio da fundação de *spin-off* e *startups*.

O processo de transferência de tecnologia envolve três agentes básicos. O primeiro é o provedor de tecnologia, também chamado de fornecedor, gerador ou transmissor. O segundo agente é o receptor de tecnologia, mais conhecido como usuário, cliente, beneficiário ou cessionário, o qual representa a entidade que compra ou se beneficia da transferência de tecnologia, ou seja, empresas com projetos de inovação tecnológica. O terceiro agente é o intermediário da transferência, cujas funções são acelerar, facilitar, assessorar e/ou difundir informações relativas à tecnologia em questão. Destacam-se as pessoas, como consultores, assessores, advogados; e instituições de apoio, como agências de fomento, fundações,

associações, câmaras de comércio, estruturas institucionais de *marketing* e escritórios de transferência de tecnologia (Mendoza; Sanchez, 2018).

Ressalta-se que, diante do objetivo desta tese, o estudo enfatiza o licenciamento de tecnologia oriunda de universidades, com remuneração por meio de *royalties* e criação de empresas, como *spin-offs* e *startups*.

A literatura aponta seis modelos de transferência de tecnologia desenvolvidos a partir do ano 1945. O **modelo de apropriabilidade**, desenvolvido entre 1945-1950, aborda que a transferência da tecnologia ocorre automaticamente após a sua divulgação por meios científicos de comunicação e a boa qualidade é o fator responsável pela procura imediata por parte dos interessados (Wahab *et al.*, 2009).

O **modelo de disseminação**, desenvolvido nas décadas de 1960 e 1970, ao contrário do modelo anterior, sugere que a transferência de tecnologia e a inovação depende da sua divulgação direta pelos pesquisadores aos potenciais usuários. O especialista tem a função de selecionar a tecnologia e garantir sua disponibilidade para um receptor que possa entendê-la e potencialmente usá-la (Wahab *et al.*, 2009).

O **modelo de utilização do conhecimento**, desenvolvido ao final dos anos 1980 (Gibson; Slimor, 1991), enfatiza que a transferência de tecnologia depende do papel da comunicação interpessoal entre os desenvolvedores/pesquisadores e usuários da tecnologia, bem como das barreiras organizacionais ou facilitadoras da transferência de tecnologia (Wahab *et al.*, 2009).

O **modelo de comunicação** é proposto com o objetivo de substituir os três anteriores. Nesse modelo, a transferência de tecnologia (TT) é vista como um processo de comunicação e fluxo de informações em sentido bidirecional, a qual se realiza por meio da troca contínua e simultânea de ideias entre os indivíduos envolvidos (Wahab *et al.*, 2009).

Após a década de 1990 surgem modelos de TT que buscam explicar a aplicação em indústrias contemporâneas de alta tecnologia (Gibson; Slimor, 1991), uma vez que os modelos apresentados anteriormente não conseguem explicá-la em razão das suas limitações conceituais e metodológicas. Assim, os novos modelos enfatizam como elementos importantes: a comunicação entre o desenvolvedor da tecnologia e o receptor, ou entre diferentes organizações; os níveis de TT; os fatores que influenciam a transferência de tecnologia (TT), a transferência de conhecimento (KT) e os processos de TT em alianças estratégicas (IJV) (Wahab *et al.*, 2009).

A transferência de conhecimento é o processo através do qual uma organização aprende indireta ou diretamente com a experiência de outra organização (Argot; Park; Hahl, 2022).

A Transferência de Conhecimento (*knowledge transfer*- KT) nas organizações depende “da facilidade com que o conhecimento tácito pode ser transmitido, interpretado e absorvido numa transação entre a fonte e o destinatário” (Ayres e Popadiuk, 2016, p. 556).

O **modelo de Sung e Gibson**, por sua vez, pauta o processo de TT em quatro níveis de envolvimento: conhecimento e criação da tecnologia; compartilhamento; implementação; e comercialização (Wahab *et al.*, 2009).

O **modelo de Rebentisch e Ferretti (1995)** é um modelo integrado de processo de TT desenvolvido a partir dos princípios de duas alianças estratégicas. Tal modelo sugere a transferência de diferentes tipos de tecnologias e identificação dos impactos que as competências existentes da organização causam a esse processo. O processo de TT nesse modelo consiste em quatro categorias, as quais incluem escopo de transferência, método de transferência; arquitetura de conhecimento; e capacidade adaptativa organizacional (Wahab *et al.*, 2009).

Quanto aos transbordamentos da transferência de tecnologias, destacam-se o desenvolvimento econômico internacional, nacional, regional e local. Chais, Ganzer e Olea (2018) registram que a TT promove a difusão da inovação tecnológica e, durante o processo, as partes envolvidas compartilham informações, conhecimentos, custos e benefícios.

Colombelli *et al.* (2021) observam que, no tocante à transferência de tecnologias, as universidades contribuem para a difusão de uma cultura empreendedora entre estudantes e acadêmicos e estimulam a criação de novas empresas dentro do ecossistema de inovação. No entanto, esses autores reconhecem que a contribuição do conhecimento acadêmico para a evolução da especialização regional tem sido quase negligenciada.

A transferência de tecnologias é capaz de estimular os docentes e técnicos para a prática do empreendedorismo por meio da criação de *startups*, *spin-offs*. No entanto, desde a década de 1990, quando as universidades começaram a integrar os sistemas de inovação, estudos como o de Siegel *et al.* (2003) apontam fatores que afetam a transferência de tecnologias entre universidade e empresas. Esses estudos destacam barreiras genéricas provocadas tanto por universidades quanto por empresas, as quais podem ser classificadas como estruturais, organizacionais, institucionais, econômicas, ambientais, legais e culturais.

No Brasil, os principais entraves são: os diferentes níveis de conhecimento entre o pessoal vinculado às universidades e às empresas que fazem parte do processo de cooperação

em pesquisa e transferência; as incertezas envolvidas nos projetos; a burocracia universitária; o direito relacionado à negociação da propriedade intelectual sobre os resultados da pesquisa; deficiência de recursos humanos qualificados na universidade e nas empresas para o aproveitamento das tecnologias transferidas; e a escassez de conhecimento técnico por parte das empresas para explorarem as tecnologias adquiridas (Schaeffer; Rufoni; Puffal, 2015; Rapini; Oliveira; Silva, 2016; Cheib, Rapini; Medeiros, 2020).

4.7.1 Mecanismos de transferência de tecnologia

Nota-se na literatura especializada vários mecanismos de transferência de tecnologias, os quais se efetivam por meio de canais formais e informais. Colombelli *et al.* (2021), sob o enfoque do processo de inovação tecnológica, destacam a importância da parceria entre as universidades e os setores industriais como forma de facilitar a transferência dos resultados de P&D acadêmicas por meio de mecanismos formais – patenteamento, licenciamento e colaboração em pesquisa, além de mecanismos informais – consultoria, *networking* e comunicação face a face.

Mendoza e Sanchez (2018) destacam oito mecanismos de TT: Escritórios de Transferência de Tecnologia (TTO), parques tecnológicos, centros tecnológicos, incubadoras de empresas, *spin-offs* universitários, *startups*, *joint ventures*, patentes, a saber:

- a) **Escritórios de Transferência de Tecnologia (TTO)** – são organizações intermediárias criadas pelo setor de ciência responsável pela gestão da P&D gerada no sistema de inovação empresarial-universitário. O objetivo dos TTO é realizar atividade de mediação entre grupos de pesquisa e organizações públicas e privadas que pretendem se beneficiar do conhecimento e tecnologia gerados por tais categorias. Esse tipo de escritório prevalece e são mais atuantes principalmente em países desenvolvidos.
- b) **Parques tecnológicos** – são organizações que visam ao desenvolvimento econômico industrial e regional. Seu objetivo é propiciar a concentração de empresas industriais de alta tecnologia capazes de fornecerem empregos especializados para gerar renda e demanda, as quais, por sua vez, facilitam o crescimento econômico das regiões.
- c) **Centros tecnológicos** – visam à prestação de serviços tecnológicos, realizam contratos de I&D – por meio do *outsourcing* de PME – e divulgação de tecnologia, assessoria e assistência técnica.

- d) **Incubadoras de empresas** – consistem em uma estrutura intermediária responsável por incentivar a criação e o desenvolvimento de empresas de alto conteúdo tecnológico.
- e) **Spin-off** – são empresas de base tecnológica criadas por docentes pesquisadores e técnicos vinculados a universidades para transferir, por intermédio do mercado, conhecimento, tecnologia ou resultados de pesquisa com alto valor agregado e potencial econômico.
- f) **Startup** – são pequenas ou médias empresas delimitadas no tempo e ligadas ao contexto tecnológico. A origem de uma *startup* é uma ideia inovadora de negócio que pode ser transformado em um negócio lucrativo.
- g) **Joint ventures** – são chamadas de parcerias tecnológicas, nas quais há uma colaboração com um parceiro local no mercado internacional para compartilhar a propriedade do negócio e os riscos, custos, benefícios, capacidades e recursos em torno da exploração de tecnologia e conhecimento.
- h) **Patentes** – são um direito exclusivo concedido a uma invenção capaz de proporcionar uma nova forma de fazer algo ou uma nova solução técnica para um problema.

Outra observação importante, a qual vai ao encontro do objetivo desta tese, é que o patenteamento da tecnologia não é requisito para a sua transferência (Sampat, 2006). Oliveira (2021), por sua vez, comenta que os resultados da sua pesquisa de campo na Universidade de Michigan sobre TT indicam que o licenciamento com remuneração em *royalties* é aplicado: (a) normalmente para tecnologias em fase de protótipo e com um mercado identificado; (b) frequentemente para tecnologias sem certeza de comercialização, mas que apresentam potencial para diversas aplicações; e (c) para tecnologias com pouca incerteza de comercialização, de modo que as maiores empresas têm mais interesse em licenciá-la e estão mais dispostas a reembolsar o Escritório de Transferência de Tecnologia (ETT) pelos custos da proteção da propriedade intelectual, além de pagar *royalties* mais altos.

Os mecanismos de transferência de tecnologias podem ser formais e informais. Os formais são os contratos jurídicos de patente, licença ou *royalty*. Os informais se baseiam em cooperação e confiança entre as partes envolvidas (Grimpe; Hussinger, 2013, p. 684). Existem diferentes tipos de contratos de TT, entre os quais se destacam: licenciamentos de direitos de uso (exploração de patentes, exploração de desenhos industriais e uso de marcas), transferência de tecnologia (fornecimento de tecnologia não patenteada ou patenteável, fornecimento de prestação de Serviços de Assistência Técnica e científica) e Cessão de

Direitos (a transferência definitiva de direitos sobre a tecnologia) (Unctad, 2001; Gaitán, 2021).

4.7.2 Licenciamento de tecnologias e *royalties*

O licenciamento é a modalidade de contrato formal mais utilizado para TT (Vishwasrao, 2007). Esse tipo de contrato é firmado com base em acordo sobre os termos e condições definidos pelas partes envolvidas por meio de negociações e ajustes. Embora sejam regidos por legislação específica de cada país, são considerados contratos simples e flexíveis (Gaitán, 2021).

O contrato de licenciamento consiste em um acordo de utilização de propriedades intelectuais ou de direitos de propriedades intelectuais, firmado entre o seu titular (licenciador) e a organização a quem autoriza a fazê-lo com base em um código de obrigações, que pode ocorrer com ou sem remuneração. O contrato de TT é considerado autônomo devido às suas características padrão, como o caráter bilateral, os direitos e obrigações recíprocos entre as partes e a presença de direitos de propriedade intelectual (Gaitán, 2021).

Para efeito desta tese, pode-se definir o contrato de TT como a transação que permite a uma parte acessar a uma tecnologia de propriedade da outra parte em troca de contraprestação (Gaitán, 2021).

Existem três formas contratuais de licenciamento: em troca de pesquisa patrocinada, por participação na empresa (*equity*) e por *royalties*, as quais Markman *et al.* (2005) denominam estratégias. A escolha do especialista pela forma que pretende aplicar depende principalmente do estágio de desenvolvimento da tecnologia (inicial, prova de conceito ou protótipo), contudo, pode haver uma combinação das três formas na prática.

O licenciamento em troca de pesquisa patrocinada condiz mais com tecnologias em estágio inicial. Nas universidades, essa forma de licenciamento é menos frequente porque exige elevados investimentos em P&D e custos de patente, sem a certeza sobre o funcionamento da tecnologia e, além disso, podem ocorrer eventuais disputas sobre a direção da pesquisa.

O licenciamento por participação na empresa, conhecido também como *equity*, está mais relacionado com tecnologias em prova de conceito. Nesse caso, as universidades preferem que o controle da tecnologia seja flexibilizado em troca de futuros direitos e, caso a

comercialização não ocorra, o contrato de licenciamento geralmente é encerrado e a tecnologia retorna para o controle da instituição de pesquisa renegociá-la.

Por último, o licenciamento sob regime de *royalty* é geralmente utilizado para tecnologias em fase de protótipo, para as quais existe um mercado. Essas tecnologias apresentam um potencial para diversas aplicações em diferentes indústrias. Portanto, possuem maior probabilidade de serem comercializadas em comparação às duas anteriores. Essa condição aumenta o interesse das empresas de licenciá-las e tornam-se mais dispostas a reembolsar o escritório de TT pelos custos da proteção da propriedade intelectual, além de pagar *royalty* mais alto.

O licenciamento de tecnologia geralmente inclui patentes, *know-how*, *design* e marcas registradas, entre outros ativos e direitos de propriedade.

Bode *et al.* (2015) discutem aspectos a respeito de licenciamento de tecnologias de processo. Segundo os autores, são vários os fatores impulsionadores para o licenciamento interno ou externo de tecnologias de processo, tais como a redução dos riscos de desenvolvimento, aceleração da comercialização, ganho de *royalties* ou formação de parcerias com outras empresas – essas são razões comerciais. O *know-how* de engenharia da parte licenciada é necessário para avaliar a tecnologia, as próprias opções de desenvolvimento, o encaixe na cadeia de valor das empresas e, principalmente, calcular o custo-benefício usando uma nova tecnologia de processo. O *know-how* de engenharia do licenciador é principalmente oferecer e vender a tecnologia e deve descrever as vantagens para os licenciados, projetar e otimizar o processo, ou calcular possíveis taxas de licença com análise dos benefícios da tecnologia para o licenciado. Segundo Wipo (2004), Wipo/ITC (2005) e Khoury *et al.* (2019), as licenças de tecnologias podem ser exclusivas ou não exclusivas. São consideradas exclusivas quando o proprietário (licenciador) da tecnologia concede apenas a um licenciado os direitos de uso e de exploração territorial por um período limitado, ou seja, o acordo prevê que apenas o licenciado e o licenciador podem explorar a tecnologia. Um contrato de licenciamento é não exclusivo quando o licenciador concede o direito de uso da tecnologia a mais de um licenciado. A decisão de conceder direito exclusivo de uso reflete possíveis conflitos entre universidade e empresa durante o processo de negociação para o estabelecimento dos termos de contrato de TT.

4.7.3 Considerações sobre transferência de tecnologia no Brasil

Acredita-se que a TT tenha surgido durante a Revolução Industrial e se difundido ao longo do século XIX, em razão das mudanças tecnológicas na Europa e Estados Unidos. No entanto, ao analisarem indicadores e leis específicas sobre inovação de alguns países, Garnica e Torkomian (2009) e Phillipi e Maccari (2018) concluem, em seus respectivos estudos, que no Brasil, tal como na maioria dos países pouco desenvolvidos, a prática da transferência de tecnologias entre universidade e empresa é recente.

Nos Estados Unidos os professores e os administradores acadêmicos têm incentivos para colaborarem em pesquisas e outras atividades com a indústria por diversas maneiras, inclusive patenteamento e licenciamento muito antes da aprovação do *Bayh-Dole Act*, promulgado em 1980. Esse *Act* concede às universidades norte-americanas os direitos de patentear e licenciar invenções oriundas de pesquisas financiadas pelo governo federal (Mowery; Sampat, 2005), o que contribuiu para o aumento de patentes e licenciamentos no país.

O relatório *World Economic Forum* (2017, p. 330-332) registra – dentre 144 países pesquisados – que o Brasil ocupa as seguintes classificações, em termos de desempenho, por indicador: 85º lugar (inovação), 55º lugar (prontidão tecnológica) e 70º lugar (colaboração universidade-indústria em P&D). Por outro lado, os Estados Unidos ocupam, comparativamente, o 2º lugar (inovação), 6º lugar (prontidão tecnológica) e 2º lugar (colaboração universidade-indústria em P&D).

Entende-se que no Brasil são tardios os aparatos governamentais para normatizar e estimular a produção e a transferência de descobertas de universidades e institutos de pesquisa. A legislação que trata do assunto começa a vigorar ao final da década de 1990, com as promulgações da Lei de Propriedade Intelectual, em 1996, da Lei nº 10.973, em 2004 (Lei da Inovação), alterada pela Lei nº 13.243 de 2016, de 11 de janeiro de 2016, conhecida como Marco Legal da CT&I, e do Decreto nº 9.283, de 2018 (Brasil, 1996; Brasil, 2004; Brasil, 2018; Phillipi; Maccari, 2018).

A Lei da Inovação é considerada o marco do começo da relação entre universidade e empresas no contexto de inovação. A lei permite a criação de ETT em centros de pesquisa científica e tecnológica. Permite também a criação de Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT) em universidades públicas, quando suas competências são estabelecidas inicialmente (Brasil, 2004). O NIT é um órgão de universidades públicas, cujo papel é proteger os direitos de

propriedade intelectual produzidos na instituição e administrar os requerimentos de proteção nos órgãos de registro nacionais e internacionais.

Considera-se um avanço significativo a implantação do NIT, que atua como intermediário entre a universidade e aqueles que se interessam em comprar tecnologias, como empresas, empreendedores e capitalistas de risco. O núcleo tem um papel essencial nesse processo.

Os NIT facilitam as transferências de conhecimento comercial de tecnologias resultantes da pesquisa universitária por meio de licenciamento para empresas. As atividades dos núcleos também têm importantes transbordamentos econômicos e políticos, pois os acordos de licenciamento e *startups* e *spin-offs* podem resultar em receitas adicionais para a universidade, geração de empregos para pesquisadores universitários e estudantes de pós-graduação, além de repercussões econômicas e tecnológicas locais por meio do estímulo a investimentos adicionais em P&D e criação de empregos.

4.8 Conclusão do Capítulo

A transferência de tecnologias para o mercado estimula a inovação e impacta cada vez mais os contextos estruturais, institucionais e organizacionais da produção e distribuição, com repercussões econômicas, sociais e ambientais. A transferência de tecnologias tem por finalidade produzir novos produtos, novos processos e/ou gerar novos sistemas de produção. Na prática, a transferência de tecnologias é o resultado do processo de negociação em que uma das etapas é a mensuração do valor da tecnologia.

Nesse sentido, a presente seção tem como objetivo discutir de forma exploratória os principais métodos de valoração de novas tecnologias originadas em universidade. A análise aborda tanto a visão dessas instituições quanto a do possível licenciado. Diante da complexidade da valoração, recorre-se à revisão sistemática da literatura para caracterizar o estado da arte por meio de análise bibliométrica – com suporte do software *R Studio* – combinada com a análise de conteúdo de bibliografias disponíveis nas bases de dados *Scopus*, *WoS*, Google Scholar, Scielo e catálogo de teses e dissertações da Capes, publicadas durante o período 1996-2022. O resultado dessa revisão é uma variedade de métodos qualitativos e quantitativos utilizados em âmbito mundial.

Conclui-se que as tecnologias originadas em universidades devem ser as primeiras a serem avaliadas para determinar seu potencial de sucesso e a valoração deve ser feita posteriormente, quando surgir interesse de comercialização e licenciamento da tecnologia. A

avaliação abrange aspectos qualitativos relacionados à maturidade tecnológica, ao potencial de mercado e à abordagem institucional. São vários os métodos de avaliação e os de análise multicritério são os mais utilizados.

A valoração de tecnologias é um processo complexo devido aos seguintes fatores: incertezas, riscos, heterogeneidade dos intangíveis, falta de mercados organizados, necessidade de conhecimento multidisciplinar.

À luz da tipologia de métodos de valoração, é possível perceber que a mensuração do valor justo da tecnologia originada em universidade para transferência às empresas é consistente quando combina a avaliação qualitativa da tecnologia com valoração monetária, ou seja, um método com dimensão qualitativa e quantitativa.

Existem vários métodos/modelos de valoração de propriedade intelectual, os quais podem ser classificados como acadêmicos e contábeis, tradicionais e modernos, todos com suas vantagens e limitações. Os tradicionais são agrupados em três abordagens: custo, mercado e renda. O elevado número de métodos existentes deve-se à necessidade de adequá-los ao contexto e à especificidade da tecnologia posta em análise. Portanto, depreende-se do estudo que é necessário e fundamental o desenvolvimento de um modelo de valoração monetária para tecnologias MEOR sob a justificativa de sua especificidade técnica e os contextos institucional, organizacional, ambiental e econômico com os quais se relaciona.

Apesar da valoração ser um pré-requisito para a TT, pode-se realizá-la em qualquer fase de desenvolvimento da tecnologia, inclusive a despeito de patenteamento.

No processo de transferência de tecnologia entre universidade e empresa, a valoração é imprescindível para a comercialização da tecnologia, licenciamento, cessão, *know-how*, compartilhamento, contrapartida, definição de *royalties*, litígios, entre outros.

Por fim, o FCD é o método mais utilizado para valoração de tecnologia desenvolvida em universidade; em primeiro lugar, por derivar o VPL gerado durante o ciclo de vida da tecnologia em questão e, em segundo, porque pode ser integrado a outros métodos, de tal modo que resulte em modelos consistentes e confiáveis, principalmente quando o motivo da valoração é a TT via contrato de licença com remuneração por meio de *royalty*.

5 ESTRUTURA DO MODELO DE VALORAÇÃO PROPOSTO

As revisões da literatura que compõem os capítulos anteriores desta tese indicam ser fundamental o desenvolvimento ou adaptação de métodos de valoração de tecnologias, pela perspectiva de mensurar corretamente um valor monetário justo, consoante as características distintas dos tipos de tecnologias (Tipping; Zeffren; Fusfeld, 1995). Conforme os critérios e procedimentos de cada método, o valor da tecnologia pode ser expresso por meio de pontuação, indicadores ou valor monetário (Park, Y.; Park, G., 2004).

A variedade de métodos que Banerjee, Bakshi e Sanyal (2017) e Oliveira (2020) abordam em seus respectivos estudos decorre do rápido aumento das demandas sociais para se avaliar as tecnologias que surgem desde o início dos anos 2000 (Park, Y.; Park, G., 2004). Em outras palavras, não existe método único que seja amplamente aplicável independentemente das diferenças nos aspectos tecnológicos e de mercado (Albarello, 2016, p. 83).

O objetivo deste capítulo é elaborar um modelo de valoração monetária de tecnologia, a partir de mudanças no método proposto por Oliveira (2020) com a introdução de aspectos do método estrutural de Park, Y. e Park, G. (2004), adaptado por Albarello (2016). Propõe-se aplicar o referido modelo para Tecnologias Microbianas de Recuperação Avançada de Petróleo (MEOR). Noh *et al.* (2018) defendem o aprimoramento de métodos de avaliação de tecnologias de acordo com as mudanças nos ambientes internos e externos, uma forma de garantir a aplicação eficaz desses métodos. Conforme os autores, o aprimoramento é preferível à elaboração de novos métodos.

O modelo proposto pressupõe que as tecnologias concebidas em universidades de países em desenvolvimento e emergentes (PD&E) em parceria com o setor privado reduzem suas respectivas delimitações, as quais estão embasadas em pressupostos teóricos relativos à conceituação de maturidade tecnológica da inovação.

O modelo consiste em sete seções seguintes a esta introdução: metodologia do capítulo (seção 5.1); Referências para o Modelo proposto (seção 5.2); características do modelo proposto (seção 5.3); escopo do modelo proposto (seção 5.4); etapas da análise qualitativa da tecnologia (seção 5.5); etapas da valoração monetária (seção 5.6); e conclusão do capítulo (seção 5.7).

5.1 Metodologia do Capítulo

A construção do modelo de valoração monetário proposto é subjacente a um quadro conceitual multidisciplinar e inclui os campos da Economia, das Finanças, da Estatística, da Matemática e da Gestão e Estratégica Organizacional. Dessa forma, assume-se uma abordagem bibliográfica, descritiva, qualitativa e documental conforme definem Gil (2010) e Marconi e Lakatos (2022). A metodologia neste capítulo é também baseada em referências de instrumentos como métodos de avaliação tecnológica – indicadores e taxas para a seleção de fatores de avaliação; métodos de análise multicritério para a definição de pesos; normalização e combinação de fatores; e no uso de valoração monetária para o tratamento de variáveis econômicas e financeiras, conforme resume o Quadro 21.

Quadro 21 - Características metodológicas do capítulo

Abordagem	Delineamento	Referências
Área de conhecimento	Multidisciplinar	Gil (2010) Marconi e Lakatos (2022)
Finalidade	Aplicada	
Objetivos	Descritiva	
Abordagem	Qualitativa	
Procedimentos técnicos (referências)	Bibliográfica Documental	

Fonte: elaboração do autor.

5.2 Referências para o Modelo Proposto

A maioria dos métodos de valoração de tecnologias consiste em técnicas quantitativas e derivam de técnicas de avaliação financeira e teoria de decisão, tais os fluxos de caixa descontados, árvores de decisão e opções reais. Essas técnicas quantitativas permitem aos tomadores de decisão estruturarem sistematicamente os resultados esperados e sua incerteza subjacente (Dissel *et al.*, 2005). Tais técnicas são adequadas para valoração de tecnologias maduras e de aplicações definidas.

Para tecnologias em estágio inicial de desenvolvimento, Dissel *et al.* (2005) recomenda as técnicas que enfatizam os aspectos qualitativos da avaliação porque geralmente tentam estruturar o raciocínio e servir de auxílio aos tomadores de decisão na formação de seu julgamento.

Vários autores têm publicado modelos híbridos de valoração monetária que se tornam referências para os pesquisadores dessa temática, em reação às restrições dos métodos práticos. Pode-se apontar, por exemplo, no início da década de 2000, a pontuação de critérios que

impactam o valor da tecnologia, os quais se tornam elemento central nas análises de tecnologias e que contribuem para deslocar o interesse para outras variáveis e dimensões, além do custo e da renda.

A formulação do modelo de valoração monetária com base em pontuação de critérios é proposta, inicialmente, no trabalho de Park, Y. e Park, G. (2004), cujo objetivo é estabelecer interrelações entre categorias, fatores intrínsecos à tecnologia e o mercado, os quais impactam o valor da tecnologia sob análise. Além disso, estimula os pesquisadores a responderem às questões: (i) como identificar a tecnologia apta a ser valorada, a partir do seu estado de desenvolvimento; (ii) qual medida de valoração multidimensional a ser utilizada; (iii) que medidas permitem a utilização de dados ordinais.

Essa abordagem defende a natureza multidimensional da tecnologia, quando submetida à valoração monetária. Desta forma, aspectos como o custo, a renda, a maturidade tecnológica, a proteção legal, questões referentes ao impacto ambiental, o tipo de inovação, as capacidades técnicas, científicas e empreendedoras dos pesquisadores envolvidos no desenvolvimento da tecnologia, as incertezas e riscos.

O ponto de partida para a concepção do modelo proposto nesta tese são os métodos desenvolvidos por Park, Y. e Park, G. (2004), Oliveira (2020) e o trabalho empírico de Albarello (2016).

5.2.1 O Modelo de Park, Y. e Park, G. (2004)

As principais contribuições originais extraídas do modelo proposto por Park, Y. e Park, G. (2004) são o reconhecimento da multidimensionalidade e o estabelecimento da estrutura das relações entre diferentes fatores relativos à tecnologia e ao mercado com impactos no valor monetário desse ativo. Esses aspectos, que estão ausentes em métodos tradicionais e em muitos alternativos, são interdependentes. Para os autores, os elementos comerciais de uma tecnologia são influenciados pelos aspectos técnicos, denominados Valor da Tecnologia (VOT) e Valor de Mercado (VOM).

O VOT diz respeito exclusivamente ao potencial técnico da tecnologia e é formado por dois subfatores: intrínsecos e de aplicação. Os fatores intrínsecos referem-se às características técnicas particulares da tecnologia em pauta – posição proprietária, nível de desenvolvimento da tecnologia, ciclo de vida da tecnologia e o seu grau de standardização. Os fatores de aplicação referem-se a aspectos quanto à utilização da tecnologia, como o de tipo da tecnologia, a taxa de contribuição, a abrangência da aplicação e o grau de perfeição.

O módulo VOM expressa o valor comercial da tecnologia no mercado ou estabelecido durante o processo de negociação. O VOM é o valor prático da tecnologia em pauta que se concretiza no mercado ou no processo de negociação (Albarello, 2016) de TT. Os fatores relacionados ao valor de mercado expressam os parâmetros na estimativa dos fluxos de renda e computados no valor monetário (Albarello, 2016). O VOM é formado por dois subfatores: tipo do valor – determinado pelo tipo de renda, ou seja, receita ou economia de custo – e o tamanho do valor da renda – determinado pelo próprio montante da renda, a duração da renda e o risco da renda (Park, Y.; Park, G., 2004).

O Quadro 22 apresenta um resumo acerca da estrutura do VOT e do VOM da tecnologia.

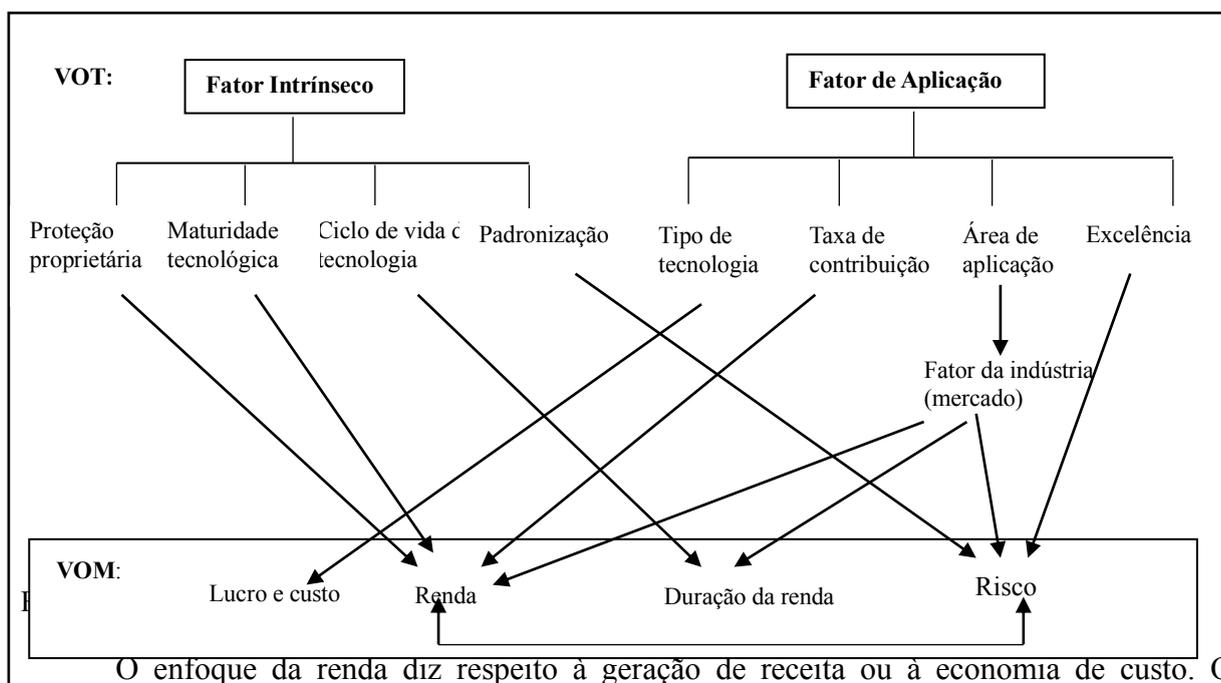
Quadro 22 - Composição dos fatores VOT, definições e métricas de entrada

Valor	Fator	Subfator	Definição operacional	Métrica de Entrada
VOT	Fator Intrínseco da Tecnologia	Proteção legal da tecnologia	Grau de proteção e/ou uso exclusivo da tecnologia.	Pontuação
		Grau de inovação	Nível técnico da tecnologia comparado com o estado da arte de tecnologias comparáveis.	Pontuação
		Ciclo de vida da tecnologia	Duração do período de geração de receita proporcionada pela tecnologia.	Ano
		Padronização da tecnologia	Grau de padronização e interoperabilidade da tecnologia.	Pontuação
	Fator de Aplicação da Tecnologia	Tipo de tecnologia	Tecnologia de processo ou de produto.	Classificação
		Taxa de contribuição	Relação de contribuição da tecnologia para o valor total (fluxo de receita esperado).	Porcentagem
		Área de aplicação	Variedade ou extensão de campo para os mercados-alvo da tecnologia.	Número
		Grau de perfeição	Disponibilidade de comercialização da tecnologia.	Pontuação
VOM	Tipo de Valor	Geração de receita	Valor medido na geração de receita pela tecnologia	Valor monetário
		Redução de custos	Valor medido na redução de custos pela tecnologia	Valor monetário
	Tamanho do Valor	Receita total	Total da renda gerada pela tecnologia	Valor monetário
		Duração da geração de receita	Ciclo de vida econômica da tecnologia	Ano ou meses
		Riscos associados à receita	Grau de risco/incerteza associada à geração da renda	Taxa percentual

Fonte: elaboração do autor, adaptado de Park, Y. e Park, G. (2004).

A Figura 19 ressalta a multidimensionalidade da valoração monetária da tecnologia e as relações estabelecidas entre os fatores.

Figura 19 - Relação estrutural entre os fatores VOT e VOM



tamanho do valor incorpora três parâmetros centrais para abordagem de renda: montante, período de duração e riscos associados à renda, os quais são incorporados à estimativa dos fluxos de renda e acrescidos ao valor monetário da tecnologia. Conforme exposto, os módulos de fatores VOT e VOM são estruturados com o objetivo de especificar o procedimento de cálculo do valor de tecnologias para garantir a consistência científica do método.

Nesse modelo, o valor de mercado é influenciado pelo valor da tecnologia. Quando se trata de tecnologia de produto, ocorre geração de receita; quando se trata de tecnologia de processo, a solução do problema é redução de custos. A duração de tempo de geração de renda depende do ciclo de vida da tecnologia. O montante de receita depende da proteção ou taxa de contribuição da tecnologia. A interrelação entre características da tecnologia e os parâmetros do valor no mercado é utilizada na tentativa de evitar ou mitigar a redundância (*overlapping*) e garantir a integridade da acurácia da valoração (Park, Y.; Park, G., 2004).

Para cada categoria de subfatores é necessário o cálculo do fator de ajuste (Park, Y.; Park, G., 2004). A Tabela 1 mostra um exemplo do cálculo da soma ponderada da pontuação para o módulo VOT.

Tabela 1 - Exemplo de agregação dos fatores VOT

Subfator	Pontuação (0 a 10)	Peso	Soma ponderada
Proteção	7	0,8	22,7
Grau de inovação	7	0,7	
Ciclo de vida da tecnologia	5	0,9	
Grau de standardização	7	1,0	

Fonte: Park, Y. e Park, G. (2004, p. 391).

A tabela 2 apresenta o exemplo de agregação dos fatores de ajuste do módulo VOT. A taxa de desconto está diretamente relacionada ao risco de obtenção de renda. O critério para determinação da taxa de desconto é semelhante ao do fator de ajuste.

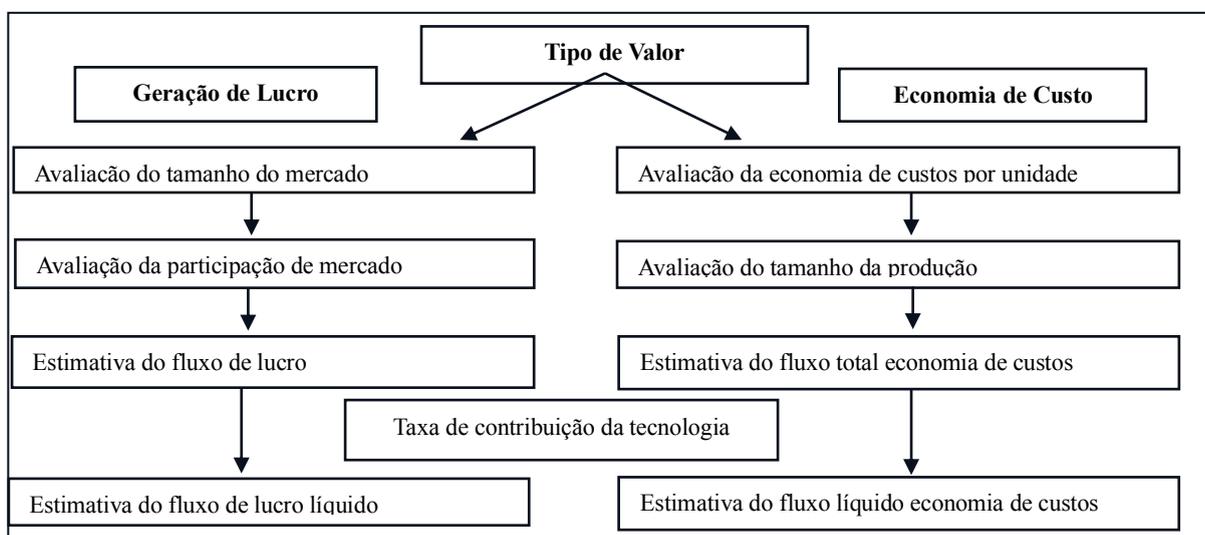
Tabela 2 - Exemplo de agregação dos fatores VOT

Soma ponderada	Fator de ajuste	Soma ponderada	Fator de Ajuste
0-4	0,7	15-19	1,0
5-9	0,8	20-24	1,1
10-14	0,9	25-29	1,2
-	-	30-34	1,3

Fonte: Park, Y. e Park, G. (2004, p. 391).

A decisão se baseia no tipo de tecnologia determinado no módulo VOT. O tipo de valor é definido para gerar lucro no caso de tecnologia de produto ou componente, enquanto é definido como economia de custo no caso de tecnologia de processo. Em seguida, estima-se o fluxo de renda provisório.

A Figura 20 mostra o processo de estimativa do fluxo de renda para VOT e VOM.

Figura 20 - Etapas para estimativa do fluxo de renda

Fonte: Park, Y. e Park, G. (2004).

A duração da receita depende da vida útil da tecnologia indicada no módulo VOT. O valor da receita é estimado proporcionalmente à taxa percentual de contribuição do módulo VOT. O processo de estimativa do fluxo de renda varia de acordo com o tipo de valor.

5.2.2 O modelo de valoração de Oliveira (2020)

O modelo de Oliveira (2020), denominado Termômetro da Valoração de Tecnologias é uma ferramenta de avaliação desenvolvida para o contexto de transferência de tecnologia a partir da realidade dos NIT no Brasil. O modelo TVT parte da associação de métodos científicos selecionados, com escopo metodológico composto por diferentes técnicas: método de pontuação e classificação (Razgaitis, 2007); métodos estatísticos - correlação, regressão e teste de hipóteses - e *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Segundo Oliveira (2020, p. 11), são quatro as premissas centrais do modelo TVT: (1) capacidade analítica e avaliativa da tecnologia, (2) rastreabilidade, (3) identificação de potencialidades e incertezas e (4) identificação do grau de desenvolvimento da tecnologia.

Outra observação de Oliveira (2020, p. 11), com amparo em Razgaitis (2007), é que o preço não implica a quantificação ou determinação de um valor específico. O preço deve ser a expressão monetária e não monetária do que os gestores de tecnologia tomam como referência adequada para realizar negociações e representa uma troca justa pela disposição da instituição como licenciante de celebrar um contrato comercial. Segundo Oliveira (2020, p. 11 e 22), o modelo TVT não fornece o preço exato da tecnologia em avaliação, mas um valor base para a negociação da tecnologia entre universidades e empresas, o valor da taxa *up-front* e a taxa de *royalty* referente à negociação.

5.3 Características do Modelo Proposto

O presente estudo propõe um modelo de valoração de tecnologias em estágios iniciais de desenvolvimento em universidades. Trata-se de um ciclo longo e complexo, bem como envolve investimentos relativamente elevados e necessidade de financiamento (Schumpeter, 1996), conceitos, protótipos, experimentos, testes, validações e calibrações (Oliveira, 2020). O modelo proposto é decomposto em módulos, os quais podem ser pesquisados individualmente em termos de relações de causa e efeito e parâmetros de investimento tecnológico, de acordo com seu impacto no valor. As características do modelo, como as do modelo de Park, Y. e Park, G. (2004), são:

- a) Estrutural: considera a relação entre o fator de tecnologia e o fator de mercado.

- b) Flexível: considera características distintas da tecnologia em pauta.
- c) Sistemático: decompõe o processo de avaliação complexo em vários módulos.
- d) Contextual: considera tecnologia desenvolvida em laboratório de P&D de universidade para transferência ao setor produtivo.

O modelo se fundamenta em quatro pressupostos, como recomenda Oliveira (2020): capacidade analítica e avaliativa da tecnologia; transparência e rastreabilidade; identificação de potencialidades e incertezas; e identificação do grau de desenvolvimento da tecnologia.

Outras características do modelo, tal como o método de Park, Y. e Park, G. (2004), são o caráter multidimensional e a premissa de interrelação entre diferentes variáveis, descritas na subseção 5.2.1. No entanto, os grupos das variáveis são reorganizados e ampliados no modelo proposto nesta tese, com a manutenção de algumas – como proteção legal e padronização da tecnologia – e inclusão de outras – como impacto ambiental e capital relacional.

Assim como no modelo de Oliveira (2020), diferentemente dos métodos de Park, Y. e Park, G. (2004) e do estudo de Albarello (2016), a pontuação e os pesos dos fatores são vinculados aos julgamentos dos fatores por especialistas e se utiliza o método AHP para as análises dos resultados das consultas. O AHP é um método de análise de decisão multicritério (MDA), com a finalidade de classificar os grupos de fatores quanto ao impacto que podem causar no valor da tecnologia (Saaty, 1990) e contribuir para a redução ao mínimo dos efeitos negativos de vieses cognitivos decorrentes da análise.

5.3.1 Diferenças do Modelo de Oliveira (2020)

O modelo TVT MEOR difere da proposta de Oliveira (2020) em três aspectos importantes. O primeiro, apresentado na seção 6.7, é a avaliação dos subfatores que constituem os respectivos fatores capacidade técnica, científica e empreendedora, grau de inovação e mercado, pelo AHP, visando maior consistência do modelo de valoração.

O segundo aspecto, exposto na subseção 7.2.2, diz respeito ao método de análise da maturidade tecnológica da MEORPWX-BA2021/SXG-BA2021. Optou-se para a presente tese iniciar a escala de desenvolvimento da tecnologia com 1% (0,09 na TRL), em vez de iniciar em 0%, como o faz Oliveira (2020).

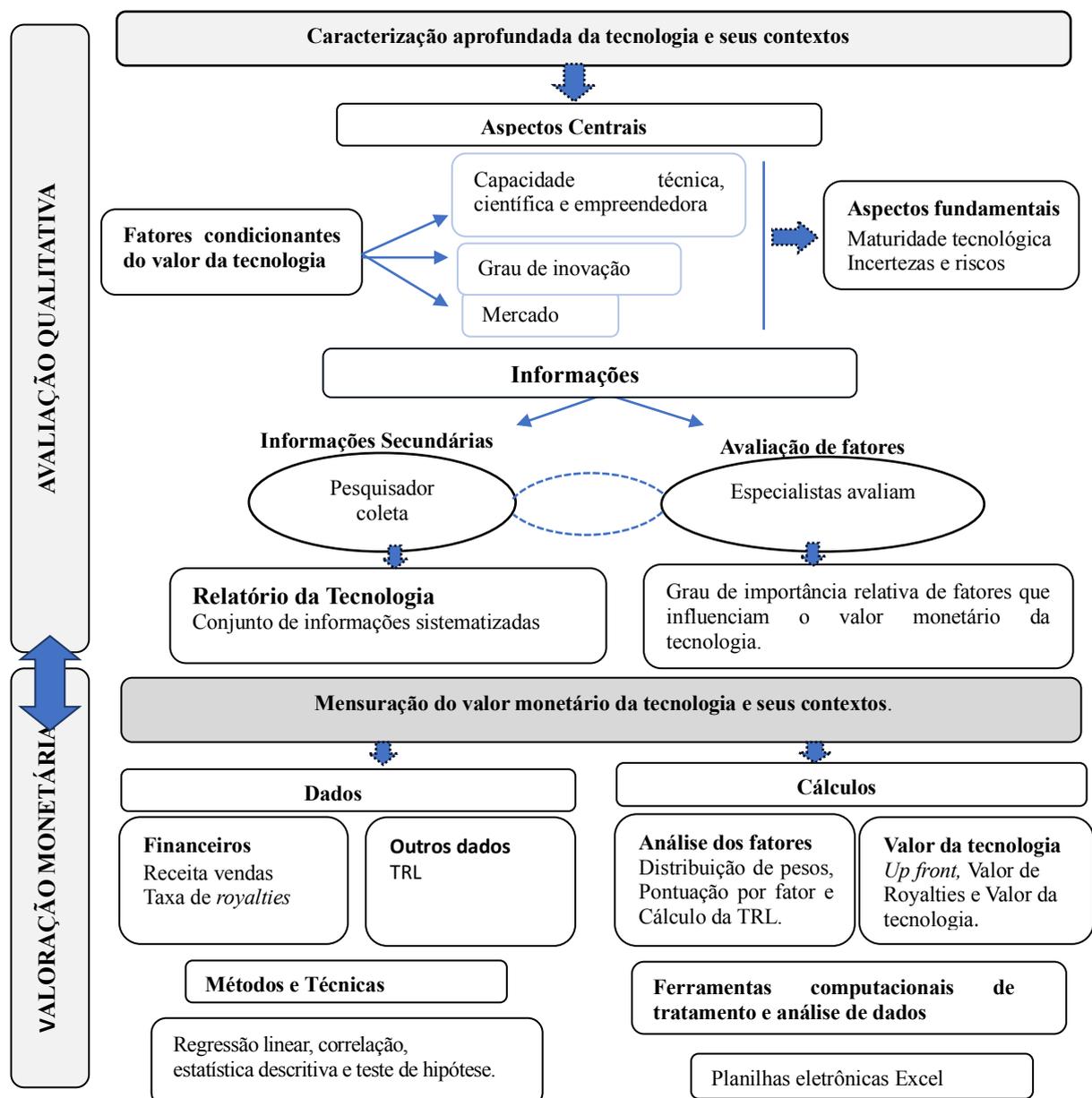
O terceiro aspecto se refere à opção de desconsiderar o teste de hipótese para comprovar a existência de relação entre a queda da produção e a quantidade de óleo retido no reservatório ao longo do tempo. O entendimento é o de que seria tautológico ou redundante fazê-lo. Vários estudos, como os de Patel *et al.* (2015) e de Hadia *et al.* (2019), mostram que

as sucessivas quedas anuais de produção de petróleo em um determinado reservatório são invariavelmente associadas à eficiência da tecnologia empregada, que por sua vez depende das características físico-químicas do óleo e do reservatório sob exploração.

5.4 Características do Modelo Proposto

O modelo possui duas fases sequenciais e complementares, conforme a Figura 21: avaliação qualitativa e valoração monetária propriamente dita.

Figura 21 - Escopo do modelo TVT Adaptado



Fonte: elaboração do autor.

5.5 Etapas da Análise Qualitativa da Tecnologia MEOR

Esta fase do processo de valoração se realiza em cinco etapas. A **primeira etapa** é uma caracterização da tecnologia a ser valorada, que consiste em coletar informações gerais que abordem principalmente o conceito e definição da tecnologia em questão, os aspectos técnicos, econômicos e ambientais. A **segunda etapa** consiste na identificação e categorização dos fatores essenciais para a valoração monetária da tecnologia por meio de uma descrição conceitual, funcional e relacional. A **terceira etapa** aborda a definição e a modelagem do método de decisão multicritério AHP em planilha eletrônica no *software* MS Excel® (em extensão ‘xlsx’), versão 16.28, Microsoft Corp. A **quarta etapa** é a aplicação da AHP, incluído o julgamento de especialistas previamente convidados sobre a importância dos fatores e subfatores relevantes capazes de influenciar o valor monetário da tecnologia, bem como a estimativa dos graus de importância relativa desses fatores e subfatores.

5.5.1 Identificação e categorização dos fatores condicionantes do valor da tecnologia.

A partir do conhecimento técnico, econômico e mercadológico acerca das tecnologias MEOR, bem como das abordagens conceituais e metodológicas da valoração monetária por pontuação/classificação, é possível eleger três *categorias de fatores* capazes de influenciar o valor monetário de novas tecnologias com origem em universidades de países em desenvolvimento e emergentes, a saber: *Capacidade Técnica, Científica e Empreendedora* (CTC&E), *Grau de Inovação* e *Mercado*, como mostra a Figura 22.

Figura 22 - Fatores e subfatores condicionantes do valor da tecnologia



Fonte: elaboração do autor.

Cada fator possui cinco *subfatores* os quais, no conjunto, se relacionam com o perfil acadêmico e profissional do pessoal envolvidos no desenvolvimento da tecnologia, vantagens e comercialização da tecnologia, riscos e incertezas, por exemplo. Os subfatores são agrupados nas três categorias de fatores de acordo com as características semelhantes quanto aos aspectos técnicos, inovação e mercado. O ponto de partida para a definição dos fatores citados e seus respectivos subfatores são os estudos de Park, Y. e Park, G. (2004), Chiesa *et al.* (2007), Razgaitis (2007) e Oliveira (2020) e os princípios da valoração de ativos tecnológicos constatados na literatura sobre o tema, como abordam os capítulos 2 a 4 desta tese.

Nesta etapa, a partir da literatura teórica e empírica, destaca-se a relevância atribuída à maturidade da tecnologia para a valoração. A maturidade reflete o grau de prontidão que a tecnologia adquire durante a sua trajetória de concepção e desenvolvimento em uma instituição de PD&I. A consideração desse aspecto está presente em praticamente todos os estudos na revisão da literatura deste texto, como os de Vega-González e Blesa (2010) e Oliveira (2020).

Ao destacar a importância do valor monetário de tecnologias geradas em universidades de Países em Desenvolvimento e Emergentes (PD&E) para transferência, Vega-González e Blesa (2010) descrevem que o ciclo de vida de um típico projeto de P&D possui seis fases pelas quais uma tecnologia geralmente passa até alcançar o estado de ativo tangível, maduro e estável.

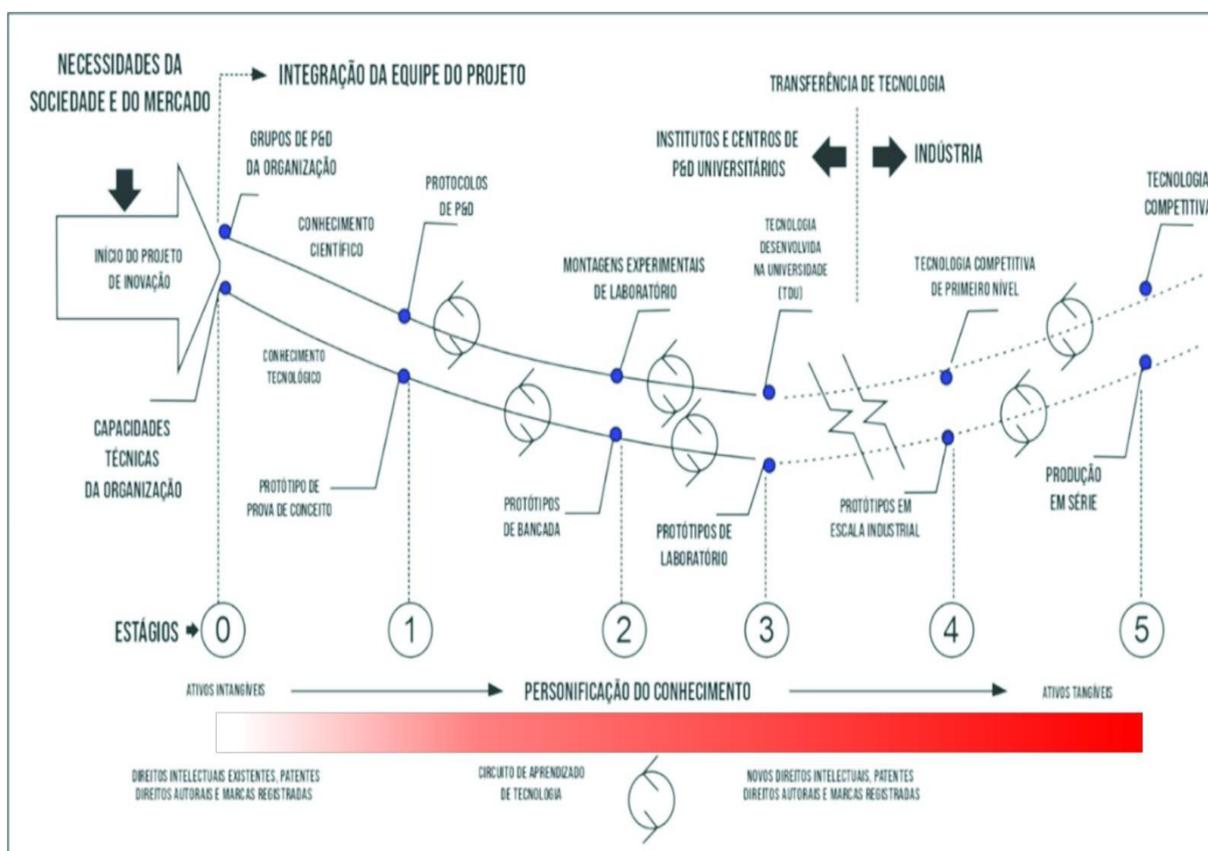
Embora a maturidade tecnológica seja um aspecto importante, em PD&E é comum as tecnologias serem transferidas na forma de protótipos e certificadas com validação. Ainda segundo esses autores, a maturidade se concretiza quando “os protótipos físicos transformam ativos de conhecimento intangíveis em ativos tangíveis no final do estágio pré-comercial, uma vez que são incorporados na forma física da primeira versão da ideia do produto tecnológico”, como afirmam Vega-González e Blesa (2010, p. 32).

Destaca-se que o grau de prontidão da tecnologia é um elemento central na composição do valor monetário desse ativo. O grau de prontidão ou maturidade, como também é conhecido, mede o quanto uma tecnologia está apta a entrar em funcionamento e, portanto, estar disponível para a comercialização. As tecnologias que estão mais próximas do nível de maturidade dentro da sua trajetória de desenvolvimento têm maior probabilidade de aceitação no mercado. Boer (1999) prevê que as probabilidades de sucesso comercial para cada um dos estágios do desenvolvimento tecnológico são: conceito (33%), viabilidade (50%), desenvolvimento (75%), pré-comercialização (83%) e comercialização (100%). Essa

estimativa implica que entre o estágio de conceito e comercialização de projeto, a probabilidade de sucesso comercial é aproximadamente 10%.

A fase 0 (zero) representa o ponto de contato entre as necessidades da sociedade e do mercado atendidas e as capacidades técnicas e os recursos acadêmicos de P&D disponíveis de determinada universidade. O protótipo do conceito é o resultado do estágio 1. Entre as etapas 2 e 3 obtém-se o protótipo de bancada. Ao final da etapa 3, obtém-se uma tecnologia pré-competitiva completa, ou seja, o protótipo de laboratório da tecnologia que se pretende. A Figura 23 mostra a trajetória de um típico P&D tecnológico dentro de universidades, centros de pesquisa e pequenas e médias empresas.

Figura 23 - Etapas do desenvolvimento de tecnologias



Fonte: elaboração do autor, adaptado de Vega-González e Blesa (tradução própria).

Para avaliar o grau de maturidade tecnológica da MEOR utiliza-se a escala *Technology Readiness Level* (TRL), assim chamada desde a sua criação (1989), a qual pode ser considerada uma extensão do método criado na década de 1970 pelo pesquisador da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), Stan Sadin, com 7 níveis para avaliar o desenvolvimento das tecnologias aeroespaciais do departamento de PD&I daquela instituição. A TRL assume o *status* de norma pela primeira vez com a publicação da ISO 16290:2013

(ISO, 2013). No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) adota este preceito jurídico com o título de NBR 16290:2015 (ABNT, 2015).

A TRL, de acordo com o Quadro 23, é uma escala de maturidade tecnológica subdividida em 9 níveis representativos de uma série de níveis de desenvolvimento aos quais todas as novas tecnologias são submetidas antes de serem declaradas prontas para transferência.

Quadro 23 - Níveis de maturidade tecnológica

Nível de maturidade	Definição	Explicação
1	Princípios básicos observados e descritos.	A pesquisa científica começa a se traduzir em pesquisa aplicada e desenvolvimento.
2	Formulação de conceitos tecnológicos e/ou de aplicação.	Aplicações práticas podem ser inventadas e a P&D iniciada. As aplicações são especulativas, podem não ser comprovadas.
3	Prova de conceito analítica e experimental da função crítica e/ou da característica.	P&D ativos são iniciados, incluindo estudos analíticos e laboratoriais para validação de previsões sobre a tecnologia.
4	Validação funcional dos componentes e/ou maquete em ambiente laboratorial.	Componentes tecnológicos básicos são integrados visando interação e funcionamento.
5	Validação de componente e/ou maquete em ambiente relevante.	Os componentes tecnológicos básicos são integrados a elementos de suporte próximos da realidade, para serem testados em um ambiente simulado.
6	Modelo de sistema/subsistema demonstrando o protótipo em um ambiente relevante.	Um modelo representativo ou sistema protótipo é testado em um ambiente relevante.
7	Demonstração de protótipo do sistema em ambiente operacional.	Demonstração do protótipo do sistema em ambiente espacial.
8	Sistema qualificado e finalizado com teste e demonstração.	Comprovação, em um sistema real, de que a tecnologia funciona em sua forma final e condições esperadas.
9	Sistema funcionando, sendo comprovado em todos os aspectos de sua missão operacional.	O sistema que incorpora a nova tecnologia em sua forma final foi utilizado em condições reais de missão.

Fonte: Mankins (1995); ISO 16290 (2013); ABNT (2015).

A TRL serve também para a comparação direta da maturidade tecnológica entre diferentes tipos de tecnologias (Mankins, 1995). A análise de tecnologias individuais ou *portfolios* pressupõe o alinhamento dos níveis da TRL à natureza do caso particular em estudo. O critério usual é o agrupamento dos níveis da TRL segundo as características semelhantes das etapas que compõem a trajetória da tecnologia em pauta. Mankins (1995) e Oliveira (2020), por exemplo, propõem respectivamente cinco e quatro agrupamentos dos níveis. A análise do nível de maturidade tecnológica perpassa a influência que as incertezas e os riscos exercem sobre o valor da tecnologia em todas as etapas do seu desenvolvimento. As

decisões financeiras, econômicas e tecnológicas geralmente são tomadas em ambientes de incerteza. Abordada no Capítulo 2 desta tese, a incerteza é um fator fundamental capaz de afetar o valor da tecnologia em todas as suas fases de desenvolvimento (Razgaitis, 2003; Thorn *et al.*, 2011; Oliveira, 2020).

Segundo Silva e Russo (2014), os valores resultantes da valoração monetária servem como referências para negociações devido às incertezas e riscos associados aos processos de transferências de tecnologias.

Segundo Vega-González e Blesa (2010), uma das causas do surgimento de incertezas é a insuficiência de informações importantes acerca do mercado, além da expectativa de vendas para a estimar a geração de riqueza para a organização.

Conforme Oliveira (2020), para os contextos nos quais prevalecem tecnologias com baixos níveis de maturidade, associados às dificuldades em termos de pessoal nos NIT, é imprescindível a consideração das incertezas e dos potenciais das tecnologias em métodos de valoração. As tecnologias desenvolvidas em universidades possuem elevado potencial de inovação, porém envolvem elevados riscos e incertezas (Cabrera; Arellano, 2019; Kim *et al.*, 2019; Oliveira, 2020). A esse respeito, a contribuição de Vega-González e Blesa (2010) é a demarcação de um estágio **vão** inicial de desenvolvimento das tecnologias, no qual sua aplicação no mercado ainda está obscura e em que o nível de incerteza é maior e o conhecimento dos negócios futuros é muito limitado.

As previsões de valor futuro de tecnologias são incertas, em maior ou menor magnitude, mas são particularmente incertas aquelas que envolvem tecnologias de estágio inicial. As incertezas técnicas e de mercado dificultam as estimativas úteis do valor de uma tecnologia em estágio inicial, principalmente porque o lucro financeiro real derivado de uma tecnologia é a diferença entre receita e custo incertos de desenvolvimento e *marketing* (Hunt *et al.*, 2004).

Thorn *et al.* (2011) consideram que a incerteza afeta o processo de valoração de tecnologias, mas postulam que uma avaliação qualitativa da tecnologia contribui para reduzi-la. No caso da MEOR, os riscos e incertezas são muito importantes devido a fatores que dizem respeito tanto à tecnologia quanto à natureza da indústria petrolífera e às características da sua estrutura de mercado – o oligopólio. A indústria de petróleo e gás é, por si só, tipicamente de alto risco e exige uma abordagem dinâmica para identificar, avaliar e mitigar ampla gama de riscos técnicos e não técnicos.

Segundo Oliveira (2020), Razgaitis (2003) classifica os riscos como: da própria tecnologia, do mercado, da propriedade intelectual e do governo e sociedade conjuntamente.

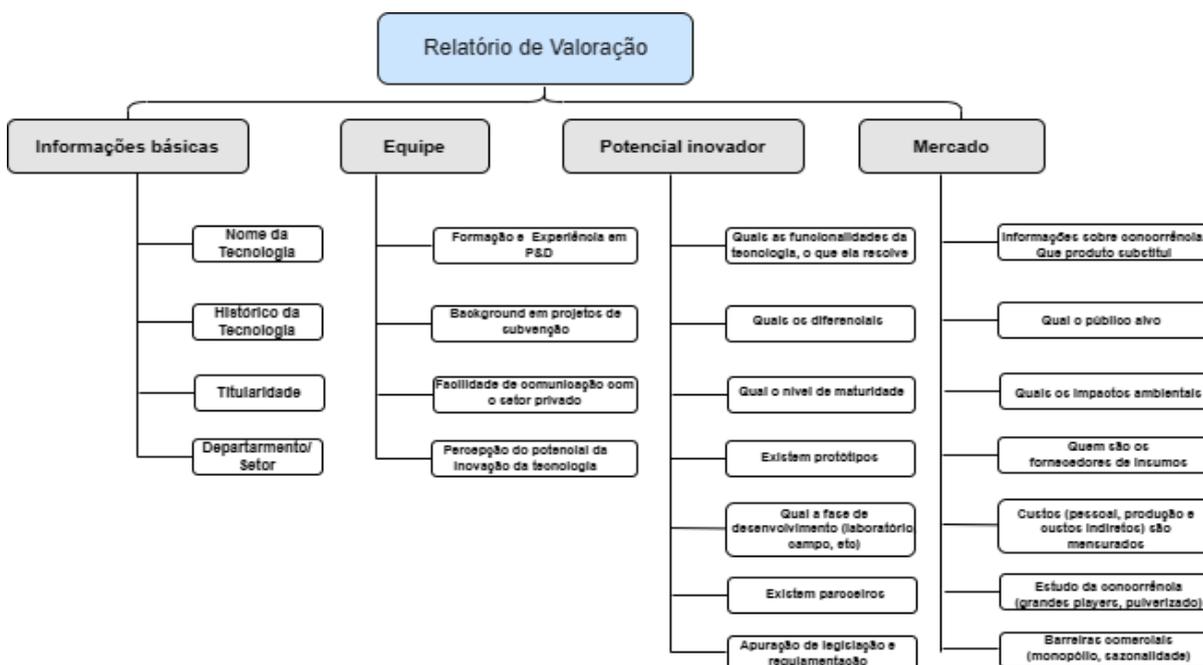
Os riscos inerentes à própria tecnologia são aqueles ligados ao estágio de desenvolvimento, ao processo relacionado à pesquisa, ao *design* para manufatura e ao aumento dos custos.

Os riscos do mercado referem-se às previsões do mercado consumidor, aceitação do produto, ciclo de vida do produto, poder de compra, entre outros aspectos. Os riscos da propriedade intelectual englobam o escopo de proteção, a proteção de segredos comerciais, dentre outros. Por último, os riscos relacionados ao governo e à sociedade dizem respeito a políticas governamentais ou valores da sociedade e podem dificultar ou impossibilitar um valor comercial. Um aspecto importante para o modelo de valoração proposto nesta tese é que as incertezas e os riscos são problemas multidimensionais e incluem aspectos tecnológicos, econômicos e ambientais de informações.

5.5.2 Coleta de informações e respectivas fontes

A primeira etapa do modelo serve para a busca exploratória de informações secundárias sobre a tecnologia, as quais são inseridas no Relatório da Valoração (RV), e as primárias resultantes das consultas aos especialistas, disponíveis em uma planilha eletrônica e respectivo relatório AHP.

Segundo Oliveira (2020), os métodos de avaliação de tecnologia devem se pautar em rastreabilidade, transparência e qualidade das informações. A ausência desses princípios compromete a confiabilidade do processo, isso porque, segundo Oliveira (2020) com base em Frey (2019), a rastreabilidade é importante para a transparência e a responsabilidade com a coisa pública, além de permitir aos órgãos competentes o controle e auditoria do processo. Embora Oliveira (2020) restrinja os três princípios aos NIT, entende-se que são válidos para qualquer entidade ou pessoa responsável pela valoração e transferência de alguma tecnologia. O modelo proposto requer, seguindo Oliveira (2020), a elaboração de um Relatório de Avaliação e Valoração (RAV) estruturado em quatro eixos, como mostra Figura 24.

Figura 24 – Eixos das informações para a valoração da tecnologia

Fonte: elaboração do autor, a partir de Oliveira (2020).

O Quadro 24 apresenta os elementos relativos à coleta das informações e inclui o tipo de informação, as fontes e os respectivos objetivos.

Quadro 24 - Tipo de informações e respectivas fontes

Informação	Técnica de pesquisa	Fonte de informação
Questões ambientais. Barreiras sanitárias e comerciais. Legislação e normas técnicas.	Documental Bibliográfica	Lei de inovação. Anuários estatísticos. Pedido da patente da tecnologia MEOR. Projeto de P&D da tecnologia MEOR. Relatório de registros experimentais. Artigos publicados sobre a tecnologia. Artigos, teses e dissertações sobre MEOR. Base de dados de patente <i>Questel Orbit Intelligence</i> .
Composição da tecnologia. Perfil e comportamento da equipe envolvida no desenvolvimento da tecnologia.	Observação presencial no laboratório e reuniões da equipe.	Experimentos para a definição da composição da tecnologia realizados no laboratório do CIENAM/UFBA.
Importância dos fatores para o valor da tecnologia.	Reunião <i>on-line</i> .	Especialistas: gestores de NIT e empresas produtoras de petróleo.

Fonte: elaboração do autor.

As informações relativas aos pesos dos fatores e subfatores são coletadas por meio de consultas a especialistas em reuniões *on-line*, as quais são gravadas e arquivadas em um *drive* do autor desta tese.

5.5.3 Definição e construção da ferramenta para avaliação qualitativa da tecnologia

Os fatores são separados em três categorias: Capacidade Técnica, Científica e Empreendedora (CTC&E), Grau de Inovação e Mercado.

Para a análise qualitativa, aplica-se o AHP com o uso da ferramenta de suporte AHP, elaborada em uma planilha eletrônica no *software* MS Excel® (em extensão ‘xlsx’), versão 16.28, Microsoft Corp para esta pesquisa. A AHP é um método multicritério desenvolvido originalmente pelo professor Thomas Saaty, em 1970, na Universidade da Pensilvânia, para a resolução de problemas que envolvem decisões multicritérios. Conforme Baek *et al.* (2007), AHP contribui para aumentar o grau de confiança da avaliação, visto que a ferramenta permite a extração do peso relativo dos fatores que influenciam a contribuição da tecnologia (Oliveira, 2020).

5.5.4 Seleção de especialistas para avaliação dos fatores

A metodologia prevê a avaliação analítica da importância relativa dos fatores e subfatores que aparecem na subseção 4.5.1 em relação à sua capacidade de impacto no valor da tecnologia. Portanto, nesta etapa, faz-se necessário a seleção de especialistas para proceder a tal avaliação (Baek *et al.*, 2007; Oliveira, 2020). A partir do enfoque da pesquisa, os avaliadores especialistas atuam na condição de gestores de NIT; gestores de empresas que atuam na indústria na qual a aplicação da tecnologia é certa ou possível; pesquisadores sobre a tecnologia ou área de conhecimento correlatas; bem como autarquias, associações, confederações e órgãos governamentais, entre outras instituições representativas. A definição do critério *atuação em entidade setorial ou de pesquisa em universidade* se baseia em conhecimento acumulado ou contribuição direta ou indireta para a área da tecnologia.

5.5.5 Elaboração de planilha para o registro das avaliações dos especialistas

O formulário para a coleta dos dados referentes ao julgamento por parte dos especialistas é uma planilha no *software* MS Excel® (em extensão ‘xlsx’), versão 16.28, Microsoft Corp, visando facilitar os cálculos e as análises dos dados após as coletas. As questões são os próprios fatores e subfatores dispostas em três matrizes identidade, com linhas e colunas em branco nas quais os avaliadores inserem as suas notas.

5.5.6 Preparação para a coleta de dados

Etapa que se destina ao envio de convite aos especialistas para participar da pesquisa em datas e horários previamente estabelecidos, bem como para a aplicação de um teste piloto da análise dos fatores. Os referidos convites constam da seção de Apêndices.

5.5.7 Realização da avaliação pelos especialistas gestores

As avaliações dos especialistas têm por objetivo a coleta de dados para o cálculo dos pesos relativos dos fatores na valoração monetária (Etapa 4.6.1.1), com base em suas percepções e conhecimentos acerca de valoração e transferência de tecnologia com origem em universidade, no contexto de sistema de inovação tríplice hélice. A avaliação foi realizada em reunião *on-line* previamente agendada com o(s) especialista(s) e o pesquisador, sob a coordenação desse último.

Essa etapa é dedicada ao tratamento, análise e comparação dos resultados da avaliação dos especialistas, com o uso da AHP, análise que engloba a entrada, processamento, análise de consistência e saída dos dados nas formas de pesos e graus de importância relativa para o valor monetário da tecnologia. Os resultados serão utilizados na próxima fase, o processo da valoração monetária da tecnologia em foco.

5.6 Etapas da Valoração Monetária

A fase de valoração monetária é proposta em um estudo de caso único (Yin, 2010) para a aplicação do modelo proposto a uma tecnologia MEOR, em seis etapas: (i) análise dos fatores; (ii) construção da planilha eletrônica; (iii) estimativa da produção e da receita; (iv) cálculo da taxa *up-front*; (v) cálculo dos *royalties*; (vi) cálculo do valor da tecnologia.

5.6.1 Análise dos fatores

Etapa realizada pelo pesquisador, engloba a pontuação dos fatores e o cálculo dos pesos. O pesquisador analisa a importância de cada fator e atribui uma nota entre 0, 10, 20, 30 e 40, tal como aplicam em seus estudos Razgaitis (1999, 2007) e Oliveira (2020).

5.6.1.1 Cálculo dos Pesos

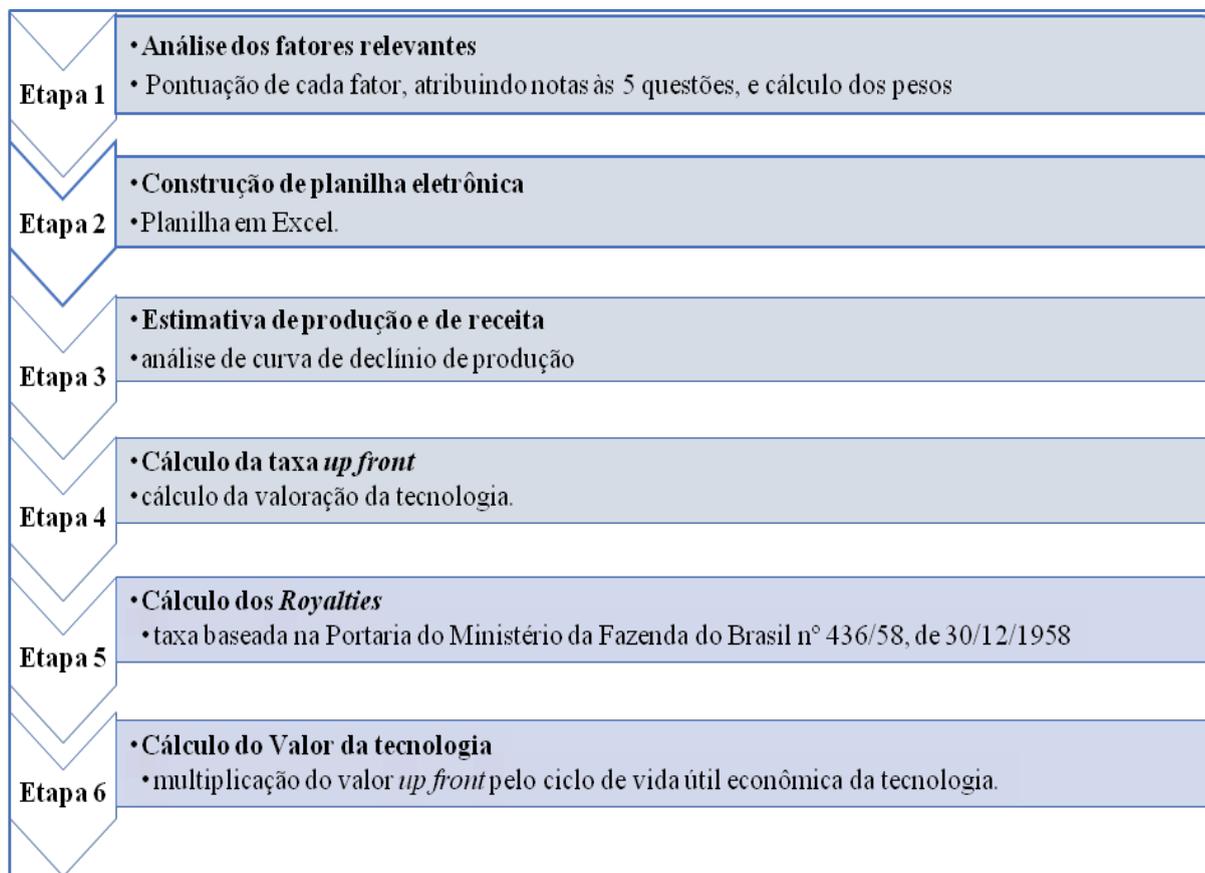
A finalidade dos pesos é ponderar a pontuação atribuída pelo avaliador (pesquisador) a cada fator para evitar que nos resultados haja possíveis distorções causadas pela subjetividade da análise.

5.6.1.2 Pontuação dos fatores

A pontuação é diretamente proporcional ao nível de desenvolvimento da tecnologia. O suporte para as análises são as informações que compõem o Relatório da Valoração. A pontuação é responsabilidade do analista, que no caso de universidades é o gestor do NIT ou instância equivalente. A seguir, apresentam-se os critérios e a escala de pontos (notas) que o avaliador utiliza para analisar cada um dos três fatores.

A Figura 25 resume a descrição de cada uma dessas etapas.

Figura 25 - Etapas da valoração monetária da tecnologia MEOR PWX-BA2021/ SXG-BA2021



Fonte: elaboração do autor.

O fator *Grau de Inovação*, conforme mostra o Quadro 25, diz respeito aos potenciais inovadores capazes de diferenciar a tecnologia das similares existentes no mercado, se for utilizada em um processo produtivo ou em um produto ou serviço.

Quadro 25 - Critérios para pontuação do Fator Grau de Inovação

Escola	Potencial de Inovação	Proteção	Aplicação	Parcerias	Validações
0	Sem informação para embasar a análise.	Sem informação para basear a análise	Sem informação para basear a análise	Sem informação para basear a análise	Sem informação para basear a análise
10	A tecnologia não oferece diferencial.	A tecnologia não é passível de proteção, mas possui complexidade de produção.	Tecnologia incipiente, sem testes em ambientes reais com possibilidades de aplicações difusas.	Sem parceiros estratégicos importantes.	Sem testes em ambientes de funcionalidade (laboratório, estudo de campo etc.).
20	Possui potencial inovação, mas sem diferenças significativas (produção, custos etc.) comparado às tecnologias concorrentes.	A tecnologia é passível de proteção e possui alguma complexidade de produção.	Testes iniciais em ambientes de controle (laboratório) já realizados ainda sem evidências de possibilidade para uma plataforma tecnológica.	Tecnologia com bom histórico de aprovações em agências de fomento.	Evidências de funcionalidade em testes laboratoriais.
30	Potencial de inovação com boas evidências de funcionalidade em ambientes reais.	Possui pedido de patente protegida no país ou complexa produção.	Delineamento de produção estruturado a partir de testes em laboratório e campo, mas sem potencial de existência de uma plataforma tecnológica.	Bom histórico de aprovação em agências de fomento, parcerias estruturadas com setor produtivo.	Bom desempenho em testes laboratoriais e campo.
40	Potencial de inovação com comprovação de funcionalidade e alta demanda mercadológica.	Possui proteção em diversos países, alta complexidade de produção, envolve segredos industriais, compõe uma família de patentes.	Tecnologia com grande potencial de uma plataforma tecnológica, com validação em ambiente real.	Aprovações em agências de fomento, experiências em TT ou empreendedorismo próprio (incubadoras, parques, acelerações).	Testes validados em laboratório, campo e de alto potencial de mercado.

Fonte: adaptado de Oliveira (2020).

O *Fator Mercado*, como mostra o Quadro 26, considera o potencial de comercialização da tecnologia sob a perspectiva do seu nível de desenvolvimento, no que se refere à prontidão para entrar no mercado.

Quadro 26 - Pontuação para o fator Mercado

Escala	Mercado	Barreiras	Contextos	Ambiental	Regulamentação
0	Sem informação para embasar a análise.	Sem informação para basear a análise.	Sem informação para basear a análise.	Sem informação para basear a análise.	Sem informação para basear a análise.
10	Tecnologia específica e de natureza única (sem mercado identificado).	Tecnologia em estado incipiente, com alta probabilidade de comercialização, mas sem informações (registro, leis, testes, certificações).	Identificação das dificuldades, forte <i>player</i> com monopólio (via concessão de anos) ou alta sazonalidade ou alta necessidade de incentivos governamentais.	A tecnologia, ainda que poluidora, possui menor quantidade de estrago ambiental que os concorrentes atuais ou substitui uma tecnologia com maior grau de impacto ambiental.	Suposições iniciais de regulamentação, mas trata de possibilidades múltiplas de aplicação. Não foi definido o produto para usar a tecnologia.
20	Mercado identificado, mas pulverizado com bastantes concorrentes.	Mercado identificado, mas com fortes barreiras de entrada.	Estudos de cenários mercadológicos em andamento, com possíveis resultados positivos (poucos entraves), mas sem conclusão.	Estudos de avaliação e controles dos impactos ambientais iniciados, mas ainda sem resultados conclusivos.	Suposições iniciais de regulamentação, mas a tecnologia encontra-se em estágio bastante embrionário.
30	Mercado com bom potencial, mas com demanda sazonal e limitada.	Barreiras identificadas, mas com alto potencial de resolução (o que não compromete a comercialização).	Identificação de dificuldades, mas passíveis de serem contornáveis.	Comprovação em artigos internacionais de baixíssima carga de poluição e indícios preliminares em testes laboratoriais, mas sem documentação ou certificados, como EIA, ACV, GEE. *	Aplicação definida, mas não existe marco regulatório para que a tecnologia possa ser comercializada em suas essências.
40	Mercado identificado com alta demanda.	Sem barreiras de entrada.	Dificuldades contornáveis, possibilidades de comercialização.	Impacto ambiental controlado com estudos adiantados (EIA, ACV, GEE) ou sem impacto.	Aplicação definida, regulamentação estabelecida e conhecida.

Fonte: adaptado de Oliveira (2020).

Nota: * (EIA, ACV, GEE).

O *Fator Capacidade Técnica, científica e empreendedora*, como apresenta o Quadro 27, reflete o nível de habilidades técnicas e empreendedoras do pessoal da equipe para o desenvolvimento tecnológico. Oliveira (2020) salienta que as pontuações mais altas indicam que maiores volumes de investimento são aplicados em formação e capacitação técnica e em formação empreendedora.

Quadro 27 - Critérios de pontuação do Fator Capacidade técnica, científica e empreendedora

Escala	Características Empreendedoras	Background	Interação e compartilhamento	Produção Acadêmica	Capital Relacional
0	Sem informação para embasar a análise.	Sem informação para basear a análise.	Sem informação para basear a análise.	Sem informação para basear a análise.	Sem informação para basear a análise.
10	A equipe analisa a tecnologia apenas com fins acadêmicos.	A tecnologia é oriunda de áreas sem afinidade com a experiência de pesquisa e investigação da equipe. Portanto, falta amadurecimento da equipe para o tema da tecnologia.	A equipe reconhece o potencial da tecnologia, mas não demonstra interesse em transferir ou empreender.	Formação técnica incipiente, pouca experiência na área da tecnologia proposta.	Equipe com entendimento da tecnologia bastante incipiente, sem estudos de potencial de funcionalidade e mercado.
20	Equipe possui algumas características empreendedoras, mas não vê relevância nessas características.	Tecnologia com afinidade da experiência do pesquisador; mas ainda incipiente em relação à busca de parcerias para o desenvolvimento da tecnologia.	Interesse em transferência da tecnologia, mas com restrições quanto ao repasse de informações importantes ao parceiro.	Formação técnica, mas produtividade acadêmica incipiente.	Potencial tecnológico baseado em produtos substitutos.
30	Entende a importância de transformar a tecnologia em produto, possuindo até parcerias com empresas/parceiros.	Tecnologia oriunda de anos de pesquisas, com fases e dissertações em áreas afins, aprovações em editais de fomento.	Interesse em transferência da tecnologia e descentralização das informações (o pesquisador principal segmenta o trabalho).	Formação técnica, experiência acadêmica (produção e ensino) e mercadológica em consultoria, serviços especializados, empresas, entre outros, na área da tecnologia.	Reconhecimento profundo sobre o potencial, subsidiado por informações técnicas em ambientes próximos ao mercado da tecnologia.
40	Reconhecimento de mercado, parcerias estratégicas, investimento em estudos de viabilidade e formação empreendedora.	A equipe possui vasta experiência e várias aprovações em entidades de fomento, premiações e reconhecimento sólido perante a comunidade científica.	Interesse amplo na transferência, segmentação de trabalho. Sólida experiência em negociações efetivadas ou encaminhamento sólido para empreendimento próprio.	Histórico em registro de Propriedade Intelectual.	Reconhecimento sobre o potencial, investimento em testes de ambientes reais, investimento em questões mercadológicas.

Fonte: adaptado de Oliveira (2020).

Para calcular as pontuações parciais e total dos fatores, aplicam-se as seguintes fórmulas:

$$P_{Ctec.} = p_{q1} + p_{q2} + p_{q3} + p_{q4} + p_{q5};$$

$$P_{Dif.} = p_{q1} + p_{q2} + p_{q3} + p_{q4} + p_{q5};$$

$$P_{Merc.} = p_{q1} + p_{q2} + p_{q3} + p_{q4} + p_{q5}.$$

Onde:

$P_{Ctec.}$: pontuação parcial do *FCTV&E*

$P_{Dif.}$: pontuação parcial do fator diferencial

$P_{Mer.}$: pontuação parcial do fator mercado

p_{q1} : pontos atribuídos à questão 1

p_{q2} : pontos atribuídos à questão 2

p_{q3} : pontos atribuídos à questão 3

p_{q4} : pontos atribuídos à questão 4

p_{q5} : pontos atribuídos à questão 5

Park, Y. e Park, G. (2004), Oliveira (2020) e Oliveira *et al.* (2020) ressaltam que os métodos de valoração com base em critérios devem ser associados a aspectos que identificam o grau de contribuição (ou peso) de cada fator para ponderá-los de acordo com o grau de desenvolvimento tecnológico. Isso significa que a uniformidade de pontuação para os fatores não garante a distribuição homogênea de pontos (Oliveira, 2020, p. 139-140), especialmente para tecnologias em estágio de desenvolvimento abaixo do nível de maturidade.

Dessa forma, os pontos totais de cada categoria de fator são ponderados com pesos, visando-se uma análise consistente. Para tanto, recorre-se ao uso de pesos, expressos em números inteiros e dispostos em ordem decrescente na sequência também decrescente do total de pontos associados a cada fator – capacidade técnica, científica e empreendedora, grau de inovação e mercado.

A pontuação máxima atribuída a cada questão são 40 pontos. Para se obter a pontuação total por fator, somam-se os pontos das 5 questões referentes ao fator. Ao se multiplicarem os pontos de cada fator pelo peso correspondente, obtém-se a pontuação ponderada total de cada fator, isto é,

$$P_{total\ fatores} = (p_{Ctec.} \times peso_{Ctec.}) + (p_{Dif.} \times peso_{Dif.}) + (p_{Mer.} \times peso_{Mer.}).$$

Para calcular o nível de desenvolvimento da tecnologia, divide-se a soma das pontuações ponderadas dos fatores pelo total das pontuações ponderadas dos fatores,

considerando a tecnologia 100% desenvolvida, ou seja, 3.000 pontos. O resultado é apresentado em termos percentuais.

5.6.2 Construção de planilha eletrônica

Nesta etapa, procede-se à construção de uma planilha no *software* MS Excel® (em extensão ‘xlsx’), versão 16.28, Microsoft Corp específica para a execução dos cálculos do valor monetário da tecnologia, incluindo-se os seguintes ou módulos: análise dos fatores por meio do cálculo da pontuação, FCD, taxa *up front*, valor da tecnologia e taxa de *royalties*. Também nesta etapa se faz a construção de uma planilha no *software* MS Excel® (em extensão ‘xlsx’), versão 16.28, Microsoft Corp específica para estimar a produção e as receitas de vendas, para utilização no cálculo do FCD.

5.6.3 Estimativa da produção

A valoração começa com a estimativa de produção, a partir da introdução da nova tecnologia no sistema produtivo, uma vez que por meio dessa variável estima-se a receita de vendas com a utilização de planilhas eletrônicas elaboradas com o *software* MS Excel® (em extensão ‘xlsx’), versão 16.28, Microsoft Corp. Esta técnica engloba a aplicação de regressão linear simples e estatística descritiva.

5.6.4 Estimativa do fluxo de geração da receita

Nesta etapa estima-se os valores monetários da geração de receita a partir de informações específicas sobre a produção e preço de vendas, com o uso também de planilhas eletrônicas e no *software* MS Excel® (em extensão ‘xlsx’), versão 16.28, Microsoft Corp.

5.6.5 Cálculo da taxa *Up Front*

Taxa *up front* – também conhecida como taxa de acesso e taxa inicial – é uma das principais modalidades de pagamento que setores responsáveis por transferências de tecnologia de universidades aplicam a contratos de licença de tecnologia (Rocha *et al.*, 2017) e a acordos de cooperação de P&D. Rocha *et al.* (2017) a consideram um pagamento adiantado que o licenciante exige para assegurar ao licenciado o compromisso na industrialização da invenção e no seu sucesso comercial. Geralmente, a taxa *up front* é recebida em troca de uma redução na taxa de *royalties* (Rocha *et al.*, 2017).

No modelo proposto, considera-se a taxa *up front* como uma variável da valoração x na função linear $y = ax + b$, e y representa, em cada função, os *royalties*, o ciclo de vida da tecnologia e o seu nível de desenvolvimento. Para essa tarefa, recorre-se à análise estatística descritiva, análise estatística não paramétrica, correlação e regressão linear (Gujarati, 2006) por intermédio de planilhas eletrônicas no *software* MS Excel® (em extensão ‘xlsx’), versão 16.28, Microsoft Corp, versão Microsoft 365. Essa técnica engloba a aplicação de regressão linear simples e estatística descritiva.

5.6.6 Cálculo do valor da tecnologia

O valor da tecnologia é determinado pela multiplicação do valor *up front* pelo ciclo de vida útil econômica da tecnologia.

5.6.7 Cálculo da taxa de *royalties*

Pode-se aplicar taxas de *royalties* em quase todas as abordagens de valoração, tais como a Regra dos 25%, mercado e renda. Para Heberden (2011), o pagamento de *royalties* consiste em um mecanismo de participação nos lucros e as partes envolvidas em uma licença são livres para selecionar qualquer base de cálculo que atenda aos seus requisitos comerciais. No entanto, a forma mais usual é a aplicação de um percentual sobre a receita. De acordo com Dawson (2013), pode-se aplicar a taxa de *royalties* sobre o lucro incremental futuro do licenciado. Dentre outras modalidades, na prática internacional Kapitsa e Aralova (2015) mencionam a aplicação de taxas padrão associadas aos setores industriais.

Portanto, embora os *royalties* de tecnologias em nível inicial de desenvolvimento possam ser determinados com base nos custos de desenvolvimento, Heberden (2011), para o modelo proposto, utiliza a variável receita. Quanto à taxa, adota-se o método tributário nacional baseado no que prevê a Portaria do Ministério da Fazenda do Brasil nº 436/58, de 30 de dezembro de 1958, a qual estabelece o percentual máximo para a dedução de despesa com *royalties* pela exploração de propriedades intelectuais e assistência técnica (Brasil, 1958). Essa portaria é, de acordo com Oliveira (2020), a única legislação vigente no país para a questão em pauta. Para o setor de petróleo e gás, a taxa é 5%. A lista completa está no Anexo A.

5.7 Conclusão do Capítulo

Este capítulo se refere à apresentação do modelo Termômetro de Valoração de Tecnologia (TVT), proposto por Oliveira (2020), com adaptações em sua estrutura, etapas e procedimentos, que permitam simultaneamente pontuação, classificação e estimação do valor monetário de tecnologias MEOR, para aplicação nos dois capítulos subsequentes. Evidencia-se que o modelo facilita o entendimento das etapas que abrangem a trajetória de desenvolvimento da tecnologia em universidades de PD&E e, por consequência, o seu nível de maturidade, bem como outras variáveis que possam influenciar o valor da tecnologia em questão.

Tanto o método quanto o processo de valoração são complexos porque a tecnologia MEOR é um subsistema igualmente complexo.

Primeiro, definem-se os aspectos a serem considerados na valoração tecnológica, bem como seus pesos e graus de relevância. Em seguida, definem-se os fundamentos para o desenvolvimento da metodologia *Analytic Hierarchy Process* (AHP), adequada para sistemas complexos, pela sua capacidade de decomposição e síntese das relações entre os fatores/variáveis até que se chegue à prioridade dos seus indicadores, aproximando-se da melhor resposta de medição única de desempenho, como preconiza Saaty (2009). No caso do modelo proposto, esse contribui para a pontuação, seleção e classificação de fatores que condicionam o valor monetário da tecnologia em questão. Elaboraram-se os formulários de análise tecnológica para se aplicar o método de avaliação qualitativa.

6 AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA MEOR SELECIONADA PARA O ESTUDO

Em razão das dificuldades de se mensurar com exatidão o valor de determinada tecnologia, normalmente, o conhecimento e a informação crítica para isso são captados de especialistas, respeitando-se a prioridade de julgamento desses indivíduos quanto à importância de um fator (critério) sobre outro e de documentos públicos e privados relativos à tecnologia e ao seu contexto histórico, técnico, econômico e comercial.

Dessa forma, propõe-se uma metodologia para a análise de tecnologia com o uso do método AHP, o qual tem sido utilizado para a solução de problemas reais de tomada de decisão e/ou avaliação multicritério (Almeida, 2013) e que possui significativa popularidade, caracterizado como uma técnica adequada ao mapeamento da percepção do tomador de decisão e/ou especialista (avaliador).

Este capítulo destina-se à aplicação do modelo na dimensão da análise qualitativa da tecnologia MEORPWX-BA2021/SXG-BA2021. Essas tecnologias foram desenvolvidas em um laboratório de P&D da UFBA, em parceria com o IFBA, a empresa Petrogal Brasil e o ISPG.

O objetivo específico da análise é mensurar a contribuição relativa dos fatores *Capacidade técnica, científica e empreendedora, Grau de inovação e Mercado* sobre o valor monetário da MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021 no modelo de valoração que se propõe, em uma abordagem de hierarquização/classificação.

6.1 Metodologia do Capítulo

Neste capítulo, aplica-se a estratégia de pesquisa Estudo de Caso único (Yin, 2010), com base em um conjunto de procedimentos científicos detalhados na introdução e no Capítulo 4, e na adaptação dos métodos de Park, Y. e Park, G. (2004), Oliveira (2020) e Albarello (2016), para a avaliação qualitativa e mensuração (quantificação) do valor monetário da tecnologia MEORPWX-BA2021/SXG-BA2021.

O estudo se enquadra como aplicado, exploratório, descritivo, qualitativo e quantitativo, em que se pretende identificar, analisar e interpretar percepções e entendimentos sobre a importância relativa de fatores pré-selecionados no valor monetário da tecnologia MEORPWX-BA2021/SXG-BA2021. Além disso, as análises abordam a estatística descritiva dos dados obtidos durante a pesquisa.

O texto está dividido em seis seções: apresentação da metodologia do capítulo (seção 6.1); caracterização da tecnologia selecionada MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021 (seção 6.2); identificação e categorização dos fatores relevantes para a valoração de tecnologia (seção 6.3); o método multicritério *Processo Hierárquico Analítico* (AHP) (6.4); aplicação do AHP para análise da tecnologia MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021 (6.5); e conclusão do capítulo (seção 6.6).

6.2 Tecnologias MEOR

A utilização de bactérias para recuperação de óleo é a proposta original de Beckman, em 1926, mas o avanço do método ocorre vinte anos depois com as pesquisas do microbiologista Claude Zobell. As contribuições de Zobell (1946, 1947) estimulam o uso de produtos microbianos para melhorar a recuperação de petróleo, modificação de produtos petrolíferos, conhecimento de microbiologia de subsuperfície e remediação de ambientes poluídos. Sobretudo, o objetivo central de Zobell (1946, 1947) foi explicar o papel de micro-organismos na diagênese de hidrocarbonetos e recuperação aprimorada de petróleo. Zobell (1946) reconhece que a recuperação de petróleo pode ser melhorada usando-se produtos bacterianos, como ácidos e gases, para ajudar na mobilização do óleo por meio da redução da sua viscosidade e como agente de controle da poluição por derramamento de óleo.

A recuperação de petróleo bruto é o processo tecnológico de descolamento e consequente vazão do óleo do interior da rocha reservatório onde esteja contido para a sua superfície. O ciclo de recuperação de petróleo é dividido em três estágios: primário, secundário e terciário (Terry, 2001; Lazar; Petrisor; Yen, 2007), os quais estão associados a respectivos níveis de volume de óleo produzido.

6.2.1 Recuperação de Petróleo: uma síntese

Ao longo do tempo, a produção de petróleo diminui devido à gradual diminuição da pressão no reservatório. A recuperação secundária consiste em injeção de gás, água ou gás-água visando o restabelecimento da pressão do reservatório e consequente deslocamento de aproximadamente 30% do óleo para a superfície. Quando a pressão não alcança níveis capazes de impulsionar o óleo ao deslocamento, diz-se que o reservatório está inoperante ou maduro, não obstante ainda retenha entre 65% e 70% de óleo. A recuperação avançada visa extrair desses reservatórios um percentual do óleo retido com a aplicação de técnicas

avançadas capazes de modificar algumas propriedades físico-químicas do petróleo, principalmente densidade e viscosidade, tornando-o mais propício à extração (Santos, 2009). Os métodos avançados aumentam o Fator de Recuperação (FR), ou vazão, pelo deslocamento do óleo no reservatório, obtendo-se ganhos de produtividade comparados à recuperação primária e à secundária. A recuperação avançada é essencial para atender à crescente demanda por petróleo (Sarafzadeh *et al.*, 2014; Quraishi *et al.*, 2021).

Nessa fase, o petróleo pode ser recuperado por meio de quatro principais métodos: térmicos, químicos, miscíveis e microbianos. Os três primeiros são aplicados com recorrência em reservatórios areníticos. Além dessa particularidade, são submetidos a restrições como (a) elevado consumo de energia; (b) uso de produtos químicos de elevado custo; (c) uso de volume elevado de água doce e; (d) equipamentos de elevado custo. Tais fatores contribuem para o aumento do preço do petróleo e para a possibilidade de aumentar a contaminação do ambiente (Sarafzadeh *et al.*, 2014; Quraishi *et al.*, 2021).

6.3 Aspectos gerais sobre a MEOR

A utilização de bactérias para recuperação de óleo é uma proposta original de Beckman, em 1926, mas o avanço do método ocorre vinte anos depois com as pesquisas do microbiologista Claude Zobell. As contribuições de Zobell (1946, 1947) estimulam o uso de produtos microbianos para melhorar a recuperação de petróleo, modificação de produtos petrolíferos, conhecimento de microbiologia de subsuperfície e remediação de ambientes poluídos. O objetivo central de Zobell (1946, 1947) foi, sobretudo, o explicar o papel de microrganismos na diagênese de hidrocarbonetos e recuperação aprimorada de petróleo. Zobell (1946) reconhece que a recuperação de petróleo pode ser melhorada com o uso de produtos bacterianos – como ácidos e gases – para ajudar na mobilização do óleo por meio da redução da sua viscosidade e como agente de controle da poluição por derramamento de óleo.

A recuperação de petróleo bruto é o processo tecnológico de descolamento e consequente vazão do óleo do interior da rocha reservatório onde esteja contido para a sua superfície. O ciclo de recuperação de petróleo é dividido em três estágios: primário, secundário e terciário (Lazar; Petrisor; Yen, 2007), os quais estão associados a respectivos níveis de volume de óleo produzido (Nwidee, 2016, p. 4).

Os métodos de Recuperação Avançada de Petróleo (EOR) são classificados em quatro grupos: métodos térmicos, métodos miscíveis, métodos químicos e métodos microbiológicos.

Os mecanismos por meio dos quais a tecnologia MEOR funciona são considerados complexos porque envolvem múltiplos processos bioquímicos (Nikolova; Gutierrez, 2020).

Estudos relatam que aplicações em campo recuperam apenas 3 a 10% de óleo, o que é considerado satisfatório (Geetha; Banat; Joshi, 2018). Em laboratório, as condições de reservatório são simuladas em níveis ideais para a recuperação e controladas rigorosamente durante todas as etapas do processo. Em ambiente natural do reservatório é incerto que as condições sejam ou se tornem adequadas, mesmo que a aplicação tenha sido testada previamente em laboratório. Experiências bem-sucedidas ocorreram em países como os EUA, Rússia, China, Austrália, Argentina, Bulgária, ex-Tchecoslováquia, ex-Alemanha Oriental, Hungria, Índia, Malásia, Peru, Polônia e Romênia (Lazar; Petrisor; Yen, 2007; Xia *et al.*, 2011). Contudo, a MEOR ainda é pouco utilizada em escala industrial e uma das principais razões para isso é que os resultados das aplicações variam de acordo com as condições de cada campo e do óleo retido (Volk; Hendry, 2010). Os Estados Unidos, por exemplo, desenvolveram 322 projetos MEOR, analisados em 2007; desses, 78% do número total bem-sucedidos no aumento da recuperação de óleo (Yernazarova *et al.*, 2016).

Segundo Al-Sulaimani *et al.* (2011) o primeiro teste foi realizado em 1954, no campo de Lisboa Union Country, Arkansas, Estados Unidos. Entre 1986-2016, mais de 20 países testaram a MEOR em campos dos se destacam a China, os Estados Unidos, a Argentina (Patel *et al.*, 2015).

O destaque da MEOR em comparação com as tecnologias convencionais são as suas vantagens. Contribui para a preservação do meio ambiente, pois os bioprodutos resultantes dos processos de recuperação de óleo são biodegradáveis e, além disso, não emitem gases poluentes e/ou tóxicos como H_2S e CO e CO_2 . Em termos técnicos, a MEOR permite padronização de determinados microrganismos, visando a adaptação a condições específicas e extremas da superfície do reservatório; é eficiente para recuperação de petróleo bruto leve e pesado; contribui para limpeza do poço e tubulação; contribui para depilação e descalcificação (McInerney; Nagle; Knapp, 2005; Lazar; Petrisor; Yen, 2007; Sen, 2008; Safdel *et al.*, 2017; Wood, 2019). As vantagens econômicas são apresentadas na subseção 6.3.1.

A literatura destaca também algumas limitações da MEOR em termos de aplicação em campo: oxidação e corrosão dos equipamentos, causadas pelas ações de alguns microrganismos; acidez do reservatório; tolerância limitada de muitos micro-organismos a condições extremas e variáveis do reservatório; possíveis obstruções de poros na rocha explorada (Lazar; Petrisor; Yen, 2007; Wood, 2019).

6.3.1 Aspectos Econômicos da MEOR

Em termos econômicos, a MEOR pode ser sustentável porque os custos de injeção e de produção do petróleo são menores do que os observados para tecnologias convencionais; o consumo de energia necessário é menor do que em processos térmicos; é economicamente viável para aplicação em campos petrolíferos marginais porque as bactérias e nutrientes injetados são de baixo custo (McInerney; Nagle; Knapp, 2005; Lazar; Petrisor; Yen, 2007; Sen, 2008; Saikia *et al.*, 2013; Safdel *et al.*, 2017; Wood, 2019).

Uma vantagem especial é que a aplicação da MEOR não depende diretamente do preço mundial do petróleo bruto. A esse respeito, McInerney, Nagle e Knapp (2005) explicam que o crescimento das bactérias a taxas exponenciais melhora a produtividade da MEOR. Essa condição permite que se recupere o petróleo a custos baixos, capazes de compensar possíveis quedas de preço de venda.

A tecnologia MEOR é considerada economicamente viável, quando comparada a outras técnicas, tais como as térmicas (Nwidee *et al.*, 2016), que consomem maior quantidade de energia. Estudos mostram que o custo de produção de biossurfactante é mais alto do que os surfactantes químicos. Essa restrição afeta diretamente o desempenho econômico do método *ex situ*, o que o torna menos rentável do que o método *in situ*. No método *in situ* não é necessário instalações para o cultivo de micro-organismos. O grau de viabilidade econômica depende dos biomas microbianos existentes e da seleção de nutrientes adequados e das técnicas de injeção utilizadas para estimular as bactérias (Volk; Hendry, 2010). Por outro lado, várias estratégias, como o uso de matérias-primas mais baratas; otimização de componentes de mídia; processos de fermentação e à jusante; e uso de hiperprodutores vêm sendo desenvolvidas para melhorar a economia da produção de biossurfactante (Geetha; Banat; Joshi, 2018).

A relação custo-benefício e o impacto ambiental são os principais problemas para a aplicação dos métodos convencionais (EOR) em recuperação terciária. O custo de métodos EOR em recuperação terciária é muito mais elevado do que os custos de recuperação primária e secundária. Na década de 1990, quando o preço do petróleo oscilou em torno de US\$ 20 o barril, o custo para vários processos EOR variou de US\$ 10 a mais de US\$ 50 por barril (Volk; Hendry, 2010).

Em uma avaliação econômica de tratamentos convencionais, químicos e microbianos selecionados para a parafina, com base no preço do petróleo de US\$ 15/bbl, a relação custo-

benefício foi aproximadamente 1,03 para injeção de produtos químicos e 1,48 para tratamento microbiano por unidade de dólar (Giangiaco, 1997).

Em exemplos de aplicação de campo, constataram-se aumentos de recuperação de óleo entre 6% e 8%, como em Dagang Field, na China (Feng *et al.*, 2006) e 66% no campo La Ventana Field, Argentina (Maure *et al.*, 2001).

Além do aumento da recuperação de óleo, constata-se diminuição da produção de água, aumento da razão gás/óleo e melhor injetividade aplicada em alguns casos. Segundo Khire e Khan (1994), em alguns campos de petróleo *onshore* dos EUA, um tratamento de estimulação de poço único poderia dobrar a taxa de produção para a maioria dos poços e isso poderia se sustentar por 2-6 meses sem tratamentos adicionais. Maure *et al.* (2001) relataram que uma aplicação em campos no Peru, o custo MEOR por barril variou entre \$ 1,30 e \$ 7,92. A relação investimento/retorno para MEOR tem sido de até 1:9 ao preço do petróleo de US \$ 40/bbl para testes em campos de Daqing, Dagang e Shengli, de acordo com o Ministério Chinês de Terras e Recursos. Com a alta dos preços do petróleo posteriores a 2007, o retorno potencial do investimento da MEOR tornou-se muito mais atraente (Liu; Wel, 2017).

Os custos de extração e purificação representam mais de 60% do custo total de quaisquer produtos de fermentação, inclusive biopolímeros e biossurfactante. Uma forma de tornar a reduzir o custo de produção de biossurfactante para aplicações MEOR *ex situ* é usar matérias-primas em sua forma mais bruta e muitas vezes sem a necessidade de remover as células microbianas. Os produtos podem ser usados em diferentes combinações (proporções) com surfactantes químicos; ou sintetizar os biossurfactantes feitos sob medida para se adequar (Geetha; Banat; Joshi, 2018) ou biopolímeros.

6.4 Caracterização da Tecnologia Selecionada

As tecnologias a serem valoradas nesta tese são a MEOR PWX-BA2021 e SXG-BA202. Além de uma motivação pessoal e acadêmica, quatro aspectos justificam a escolha dessas tecnologias. Primeiro, a partir do levantamento bibliométrico, conforme consta no capítulo 3 desta tese, constata-se a ausência de algum estudo acadêmico sobre valoração de tecnologias microbianas para recuperação de petróleo.

O segundo aspecto é a existência de um número significativo de patentes de MEOR em vários países. A partir de uma análise de redes sociais e complexas, Simões (2022) identifica 208 patentes depositadas em escritórios localizados em diferentes países, entre os anos 1980-2020, período amostral da sua pesquisa. Essas patentes são de origem

principalmente da China, Estados Unidos, Canadá, Brasil e Noruega. Prevaecem as patentes proveniente de empresas, seguido de universidades, inventores pessoas físicas e governos. No Brasil, destacam-se a Petrobrás e a UFBA.

O terceiro aspecto diz respeito à identificação de 14 patentes de MEOR baseadas em biopolímeros, como a MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021, concedidas entre 1997-2017. Dentre essas patentes, 57,14% têm origem no Brasil (Ramos-de-Souza *et al.*, 2020).

O quarto aspecto se refere às aplicações da tecnologia MEOR em campos petrolíferos. Os achados de um levantamento feito no período 2022 no âmbito desta tese em estudos anteriores (por exemplo, Lazar *et al.*, 2007; Nnaemeka; Franklin; Stanley, 2018; Omoniyi; Abdulmalik, 2015) mostram um histórico de aplicações em campo com diferentes tipos de MEOR por 29 países. Dentre esses, destacam-se a China, com 14 testes em campo e 70 pedidos de registro de patentes; os Estados Unidos, com 12 testes e 52 solicitações de registro; e o Canadá, com 3 testes e 45 solicitações de registro. Na América latina, a Argentina e o Brasil possuem 3 e 2 aplicações respectivamente.

Para Simões (2022, p. 123), os países com maior número de aplicações em campo são ao mesmo tempo titulares de muitas patentes. O crescente número de patentes decorre do aumento de investigações científicas visando o aprimoramento da MEOR.

Apesar do avanço em aplicações, ainda segundo Simões (2022, p. 56), são mais de 100 anos de pesquisa e patenteamento da MEOR e a tecnologia ainda não é amplamente utilizada na indústria petrolífera.

As tecnologias Xantana de Água Produzida (PWX) e Sigma TM *Xanthan Gum* (SXG) são resultados do Projeto PD&I intitulado *Alternativas Biotecnológicas Sustentáveis para Aumento do Fator de Recuperação de Petróleo de Reservatórios Carbonáticos*, cujo objetivo é desenvolver uma inovação tecnológica capaz de aumentar o FR de petróleo em campos maduros carbonáticos (ANP, 2016), visando impactos econômicos, ambientais e sociais como respostas às demandas contemporâneas da humanidade nessas três abordagens.

O Projeto foi desenvolvido durante os anos 2017-2021, por demanda da empresa Petrogal Brasil S.A., e envolveu o Laboratório do Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente (CIENAM), o Laboratório de Biotecnologia e Ecologia de Microrganismos (LABEM) do Instituto de Ciências da Saúde (ICS) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), em parceria com o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFBA) e o ISPG.

Xantana de Água Produzida (PWX) é um metabólito químico que resulta do processo de inundação para a obtenção de Recuperação Aprimorada de Petróleo (EOR). No caso da

tecnologia MEOR em questão nesta tese, o metabólito PWX foi sintetizado *ex-situ* por bactérias *Xanthomonas campestris* em meio de cultura com água produzida de poços de petróleo e glicerina bruta como fonte de carbono, em condições aeróbicas e de baixa salinidade, com resultado de quantidades significativas. No experimento, notou-se que o fluido PWX pode se comportar como um polímero termoviscosificante (TVP) quando injetado no reservatório. A produção *ex-situ* do metabólito PWX sintetizado a partir de resíduos industriais (água produzida e glicerina bruta) substitui o CEOR com melhores características de acoplamento. Essa vantagem do PWX o torna uma estratégia MEOR, considerada por Ramos-de-Souza *et al.* (2022) com promissora para aplicação em campo, devido ao ciclo operacional mais curto, em comparação com MEOR *in situ*.

A goma xantana (XG) é um exopolissacarídeo (EPS) com ampla utilização em EOR por apresentar alta viscosidade em baixas concentrações, comportamento pseudoplástico e constância de viscosidade em função da salinidade, temperatura e condições alcalinas. (Sampaio, *et al.*, 2020). Uma característica importante da goma xantana (XG) é a capacidade de modificar a reologia ou o comportamento do fluxo das soluções (Pinheiro *et al.*, 2020). Ambos os polímeros PWX e SigmaTM Xanthan Gum (SXG) possuem comportamento pseudoplástico não newtoniano em solução. O SXG mostrou uma relação linear reversa entre a viscosidade aparente e a temperatura. O PWX se comportou como um polímero termoviscosificante (TVP). (Ramos-de-Souza *et al.*, 2022).

Obteve-se a goma xantana SigmaTM (SXG) da cepa de *Xanthomonas campestris* G1253, da Coleção de Culturas do Instituto Biológico de Campinas, Estado de São Paulo, Brasil foi utilizada como referência para comparação com a PWX. Soluções salinas sintéticas foram preparadas utilizando cloreto de sódio padrão analítico SynthTM.

Assim como o PWX-BA2021, o SGX-BA2021 é obtido *ex-situ*. e posteriormente injetado no reservatório. No experimento, optou-se por utilizar o biorreator de tanque agitado, uma vez que esse equipamento consegue oxigenar adequadamente o meio de cultura (Ramos-de-Souza *et al.*, 2020). A tecnologia MEOR PWX-BA2021 e SXG-BA2021 apresentam vantagens importantes em termos ambientais e econômicos. Ambas as tecnologias – em oposição às tecnologias tradicionais conhecidas – são capazes de contribuir para a redução de poluição de ecossistemas aquáticos e terrestres devido à reutilização de efluentes e resíduos industriais (água produzida de petróleo e glicerina bruta, subproduto da indústria de biodiesel) em suas composições. O PWX, além de ser biodegradável, é mais ecológico do que a goma xantana comercial (Ramos-de-Souza *et al.*, 2020).

Existem 14 patentes de MEOR à base de biopolímeros, concedidas entre 1997-2017. A distribuição percentual dessas patentes é: Brasil (57,14%), China (21,42%) e Estados Unidos, Canadá e Suíça (7,17%) (Ramos-de-Souza *et al.*, 2020).

Quanto à produtividade, a goma xantana termoviscosificante aumenta a viscosidade da água, principalmente na faixa de temperatura da maioria dos reservatórios (45-75°C) na presença de baixa salinidade, isto é, abaixo de 6.000ppm. A injeção precoce de MEOR SXG-BA2021 durante o estágio secundário diminui o processo de recuperação em uma etapa, além de diminuir a quantidade substancial de água produzida. Essas vantagens revertem em redução de custos e aumento de produtividade. Por outro lado, durante os testes em laboratório, a aplicação da MEOR PWX-BA2021 atinge uma recuperação secundária entre 62-65% do óleo total retido.

Os desempenhos produtivos de ambas as tecnologias dependem da razão viscosidade água/óleo e da concentração de NaCl. Enquanto o SXG tem uma relação linear reversa entre a viscosidade aparente e a temperatura, o PWX se comporta como um Polímero Termoviscosificante (TVP). Os resultados obtidos são semelhantes para PWX e SGX quando os fluidos injetados têm a mesma viscosidade, embora em diferentes concentrações de NaCl. A inundação de solução polimérica PWX de 0,7% p/p com concentração de NaCl de 0,6% p/p resulta em um aumento de 19% na recuperação de óleo. A aplicação da MEOR SXG-BA2021 como fluido EOR em estágio secundário possibilita um fator de recuperação em torno de 25%.

A desvantagem da MEOR *ex-situ* são os custos de produção mais elevados do que a MEOR *in situ*, pois são necessários equipamentos de produção e de purificação.

Todas estas vantagens refletem os resultados do PD&I, alcançados após ensaios de produção da goma xantana termoviscosificante, análises reológicas das soluções poliméricas e testes de deslocamento de petróleo em sistema microrreservatório Holder, em ambiente de laboratório (Ramos-de-Souza, *et al.*, 2020).

6.5 Os fatores relevantes para avaliação de tecnologia

A análise dos fatores e subfatores visa quantificar o impacto de determinados elementos no valor da tecnologia, tais como: poder de geração de riqueza da tecnologia; possíveis problemas de obsolescência de tecnologias existentes no mercado; capacidade para aumentar a produtividade; potencial para sanar ou reduzir possíveis problemas ambientais concernentes ao sistema produtivo; ausência de tecnologia similar no mercado, entre outros.

A partir de extensa revisão de literatura baseada em publicações realizadas nas últimas décadas, é possível elencar uma série de fatores e subfatores relacionados com a valoração de ativos tecnológicos intangíveis (Razgaitis, 1999, 2007; Smith; Parr, 2000; Park, Y.; Park, G. 2004; Chiesa *et al.*, 2005; Chiesa *et al.*, 2007; Chiesa *et al.*, 2008; Svačina, 2015; Oliveira, 2020; Almeida; Maricato, 2021).

Esses fatores e subfatores estão categorizados de acordo com o *grau de inovação*, *mercado* e *CTC&E associada à equipe desenvolvedora da tecnologia*. Adiante, detalham-se cada uma dessas categorias de fatores.

6.5.1 Grau de Inovação

Para o estabelecimento das relações entre as universidades e empresas, em meio ao complexo processo de valoração e transferência de tecnologias, destaca-se o *grau de inovação* como forma de conhecer possíveis riscos econômicos e financeiros e incertezas técnicas associados.

Em meio à constante concorrência entre empresas, entende-se que a inovação tecnológica é a principal explicação econômica para a busca da competitividade. Na perspectiva microeconômica, a inovação representa o diferencial necessário à competitividade das empresas e à sustentabilidade em contextos dinâmicos (Porter; Stern, 2001). O enfoque adotado pelos autores Porter e Stern (2001) é o de que a busca por vantagem competitiva baseada em inovação depende do nível de eficiência da tecnologia incorporada em tal inovação. Por sua vez, o desempenho da tecnologia está associado ao *grau de inovação*.

Novas tecnologias em geral incorporam algum potencial competitivo importante, mas envolvem riscos e incertezas, conforme chamam a atenção Razgaitis (1999, 2003, 2007) e Orduobadi (2011), dentre outros autores. Portanto, a avaliação da maturidade analisa o quanto uma tecnologia pode cumprir uma tarefa esperada em comparação com outra tecnologia (Lezama-Nicolás *et al.*, 2018). A avaliação do *grau de inovação* é extremamente importante para evitar ou reduzir distorções no valor da tecnologia decorrentes de riscos e incertezas. O *grau de inovação* pode ser compreendido como a *novidade* que toda inovação deve conter, ou seja, a diferença tecnológica em relação às inovações concorrentes mais antigas e atuais (Koc; Bozdog, 2017).

O *fator grau de inovação da tecnologia* engloba os seguintes *subfatores*: *aplicação da tecnologia*; *nível de proteção*; *plataforma tecnológica*; *maturidade tecnológica*; e *validações e testes*. Esses subfatores são definidos visando a compreensão das características da

tecnologia, seu estágio de desenvolvimento, as incertezas envolvidas, bem como a promoção da produtividade.

Farrukh *et al.* (2009) reconhecem a dificuldade, ainda que ocasional, de identificação clara da maturidade tecnológica em estágios intermediários, bem como quando uma tecnologia está pronta para entrar no desenvolvimento de um produto ou processo. Mankins (1995, 2009) sugere que o conceito de maturidade tecnológica seja utilizado para avaliar o nível de desenvolvimento de determinada tecnologia, utilizando a técnica *Technology Readiness Level* – TRL. O Quadro 28 apresenta os subfatores que formam o fator Grau de Inovação.

Quadro 28 - Fator grau de inovação da tecnologia

Subfatores	Descrição	Referências
Aplicação da Tecnologia	Relaciona-se com a avaliação do quão melhor é a tecnologia comparada com a tecnologia disponível.	Razgaitis (1999, 2007)
Proteção	Quanto mais forte a proteção legal, mais valiosa a tecnologia se torna. Para tanto, pode ser usada a análise da patente ou segredo comercial para medir a força da proteção legal de uma tecnologia.	Hung e Tseng (2010)
Plataforma Tecnológica	Refere-se aos tipos de produtos que podem ser gerados a partir da tecnologia em questão.	Park, G. e Park, Y. (2004)
Maturidade Tecnológica	Relaciona-se com o estudo da tecnologia e a consistência de comparação por meio do grau de desenvolvimento tecnológico.	Mankins (1995, 2009)
Validações e Testes	Referem-se à avaliação prática dos ambientes de uso e funcionamento da tecnologia.	Oliveira (2020)

Fonte: elaboração do autor.

A definição do nível de maturidade tecnológica, por sua vez, depende do setor e/ou empresa. As naturezas das tecnologias diferem de acordo com a aplicação, impactam o estabelecimento dos respectivos protocolos e, por conseguinte, o número de etapas (Farrukh *et al.*, 2009).

6.5.2 Mercado da tecnologia

A análise de mercado de tecnologias é uma técnica de avaliação de fatores e condições internas e externas. A estrutura do setor de tecnologia depende de condições básicas de oferta e demanda, como qualquer outro. Entretanto, a conduta e o desempenho são diferentes no mercado de tecnologia e no mercado de produtos, devido a características especiais que decorrem do padrão de concorrência, das barreiras à entrada e de regulamentações, os quais se

modificam ao longo do tempo. Conforme Chiesa *et al.* (2005) e Chiesa *et al.* (2008), em um mercado de tecnologia as transações ocorrem entre empresas que compram e vendem ou estabelecem acordos de cooperação, tais como *joint ventures*, alianças estratégicas e consórcios. As vantagens mercadológicas obtidas no mercado de tecnologia (Oliveira, 2020) resultam de parcerias para o processo de inovação tecnológica em relação à produção de conhecimento, custos e tempo.

O *fator mercado* é composto pelos *subfatores*: *descrição do mercado*; *parcerias*; *viabilidade*; *sustentabilidade ambiental* e *regulamentação*, como mostra o Quadro 29.

Quadro 29 - Fator mercado da tecnologia

Subfatores	Descrição	Referência
Descrição do Mercado	Relaciona-se com o levantamento de informações sobre o mercado disponível da tecnologia. Contudo, tecnologias com potencial de inovação radical podem conter insumos restritos ou mesmo gerar produtos sem regulamentação comercial.	Razgaitis (1999, 2007) Smith e Parr (2000)
Parcerias	Referem-se ao desenvolvimento tecnológico conjunto para cada etapa de maturidade da tecnologia. Em geral, são necessários significativos montantes de recursos financeiros para o desenvolvimento da tecnologia.	Salerno e Gomes (2018) Chiesa <i>et al.</i> (2005) Chiesa <i>et al.</i> (2008)
Viabilidade	Volta-se à análise da viabilidade da tecnologia pela estimativa do período de geração de renda, a estimativa de renda futura, os riscos de não se obter lucro e a conversão de ganhos futuros em valor presente.	Baek <i>et al.</i> (2007)
Sustentabilidade Ambiental	Direciona-se à avaliação dos efeitos ambientais da tecnologia e busca selecionar tecnologias ecológicas com reduzida emissão de resíduos ambientais.	Hung e Tseng (2010)
Regulamentação	Refere-se aos diversos requisitos regulatórios da tecnologia que precisam ser atendidos.	Razgaitis (2007)

Fonte: elaboração do autor.

A análise desses *subfatores* é de suma importância devido a riscos e incertezas inerentes à introdução de novas tecnologias pelas empresas, independentemente de que tais tecnologias resultem de inovações radicais ou incrementais.

Em suma, o processo de avaliação dos ativos tecnológicos depende do julgamento subjetivo das pessoas sobre a lucratividade futura e as oportunidades de mercado em potencial. Isso justifica a necessidade de avaliação do fator mercado com o objetivo de mitigar as incertezas e definir os potenciais da tecnologia no contexto da comercialização em ambiente de negócio (Frattini *et al.*, 2018; Oliveira, 2020).

6.5.3 Capacidade técnica, científica e empreendedora

Há importantes evidências sobre a atual importância do capital humano vinculado às instituições científicas e às universidades na geração de inovações e empreendedorismo com objetivos de propriedade intelectual e transferência de tecnologia (Schwartzman, 1988; Bozeman, 2000; Razgaitis, 1999, 2007; Breschi, *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2020).

Na análise de Schwartzman (1988), o capital humano de universidades contribui para a excelência e credibilidade social adquiridas pela instituição por meio de indicadores como qualificação de seu pessoal, publicação de trabalhos científicos e geração de tecnologias. Conforme Oliveira *et al.* (2020), o capital humano das universidades inclui professores, pesquisadores, alunos e servidores técnicos. Esses autores afirmam que os ativos intangíveis relacionados ao pessoal – capital humano – formam forte capital das universidades.

Bozeman (2000) ressalta que é crescente o reconhecimento do papel do capital humano e treinamento na transferência de tecnologia. Entende-se o capital humano técnico e científico como a soma total de conhecimentos e habilidades científicas, técnicas e sociais que um indivíduo possui e se constitui como capacidade de desenvolvimento de tecnologia com o objetivo de alcançar diferencial competitivo no mercado.

As atividades de produção e transferência de conhecimento associadas à inovação das universidades e instituições científicas contribuem para o empreendedorismo. Nesse sentido, a criação de empresas de base tecnológica ou de licenciamento de patentes geram benefícios diretos e indiretos para as universidades, tais como: *royalties*, investimentos em P&D de produtos e processos e recebimento de bolsas para estudantes e pesquisadores participantes de projetos. Nesse contexto, a criação de empresas beneficia também a sociedade por meio de geração de divisas, empregos diretos e tecnologias que proporcionam o desenvolvimento econômico e social (Araújo *et al.*, 2005). Assim, os pesquisadores e estudantes são os atores fundamentais porque colocam em prática também a missão empreendedora das universidades e instituições científicas. Tanto o empreendedor acadêmico quanto o empreendedorismo acadêmico estão associados à tríplice hélice das relações universidade-empresa-governo (Etzkowitz; Zhou, 2017). As *spin-offs* acadêmicas são um exemplo da atuação empreendedora das universidades em sua relação com o mercado e a sociedade (Araújo *et al.*, 2005; Brown, 2016; Bock *et al.*, 2018).

Entende-se que a transferência de tecnologia entre universidade e setor produtivo no contexto de tríplice hélice requer um método eficaz de avaliação da tecnologia em foco.

Diante disso, admite-se que a capacidade técnica e visão empreendedora de pesquisadores envolvidos no desenvolvimento da tecnologia induzem incrementos no valor da tecnologia em processos de transferência (Etzkowitz; Zhou, 2017).

O fator capacidade técnica, científica e empreendedora da equipe de desenvolvedores da tecnologia inclui os seguintes subfatores: afinidade dos pesquisadores com a tecnologia; potencial da tecnologia pelo capital relacional; interação e compartilhamento; características empreendedoras da equipe; e produção acadêmica (quantidade e qualidade das publicações científicas), elementos detalhados a seguir.

Quadro 30 - Fator capacidade técnica, científica e empreendedora

Subfatores	Descrição	Referência
Afinidades da equipe de pesquisadores com a tecnologia	Referem-se às habilidades individuais (conhecimento técnico, histórico intelectual, inovações e ideias) que fazem parte do processo de conhecimento intelectual aplicado ao desenvolvimento do ativo.	Dalkir (2005)
Potencial da tecnologia pelo capital relacional	Relaciona-se com a incorporação de conhecimento por meio da relação com diferentes agentes sociais e mercadológicos.	Leitner (2005)
Interação e compartilhamento	Voltam-se ao suporte necessário relativo à tecnologia oferecida pelo licenciante.	Chiu e Chen (2007)
Características empreendedoras da equipe	Referem-se às habilidades do pesquisador, da sua capacidade para perceber oportunidades de negócio, além da sua competência para identificar tecnologias com potencial de inovação.	Araújo <i>et al.</i> (2005) Brown (2016) Bock <i>et al.</i> (2018)
Produção acadêmica	Relaciona-se com bons indicadores de produtividade científica. Inventores universitários (professores e pesquisadores) tendem a publicar mais artigos e de melhor qualidade do que seus colegas, além de serem mais propícios à criação de patentes.	Breschi <i>et al.</i> (2008)

Fonte: elaboração do autor.

Diversos métodos e técnicas são utilizados para análise de fatores e subfatores com vistas à valoração de tecnologias. Entre esses destacam-se abordagens qualitativas e quantitativas, como métodos científicos baseados em *análise da curva de declínio de produção*, *métodos estatísticos* (descritivos, inferenciais e de análise de regressão), além de outras técnicas alicerçadas em *modelos multiobjetivos e multicritérios* (como o método AHP), *análise do ciclo de vida da tecnologia*. O AHP possui ampla aplicação em vários ramos do conhecimento e destaca-se como o método multicritério de tomada de decisão e/ou avaliação mais utilizado no mundo real.

6.6 O Método Multicritério Processo Hierárquico Analítico (AHP)

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (Processo Hierárquico Analítico) é um método de classificação multicritério desenvolvido por Saaty (1980) para problemas complexos, estruturado em níveis. O AHP prevê que determinado problema pode ser decomposto hierarquicamente e parcialmente resolvido e, então, essas soluções parciais são novamente combinadas a fim de se obter uma solução para o problema inicial.

Os elementos de um problema em análise são distribuídos em uma estrutura hierárquica – desde o objetivo geral representado no topo de uma estrutura hierárquica por meio de critérios ou fatores que perpassa o nível intermediário, ou seja, subcritérios ou subfatores e chega até o nível mais baixo, as alternativas. Essas apresentam o resultado da análise de um problema, ou seja, valores ponderados em relação ao objetivo definido. O método AHP permite que os tomadores de decisão, especialistas e avaliadores estruturam um problema complexo na forma de uma hierarquia simples e avaliem muitos fatores quantitativos e qualitativos de maneira sistemática.

O AHP consiste em um método de agregação aditivo com ênfase em procedimento próprio para modelagem de preferências (Saaty, 1990). Essa técnica usa um processo de comparação *par a par* para avaliar as alternativas e/ou subcritérios/subfatores para cada critério/fator. Os critérios/fatores são também comparados entre si. O método AHP utiliza escalas de razão para todas as avaliações, incluída a possibilidade de analisar inconsistências no julgamento de valor pelo decisor (Almeida, 2013).

Segundo Saaty (2008), uma decisão com o uso do AHP deve conter as seguintes etapas:

1. definição do problema e do tipo de conhecimento procurado;
2. estruturação da hierarquia de decisão (do topo com o objetivo de decisão, passando pelos níveis intermediários, até o nível mais baixo);
3. construção do conjunto de matrizes de comparação aos pares;
4. comparação de cada elemento de um nível superior com os elementos no nível imediatamente abaixo dele;
5. uso das prioridades obtidas nas comparações para ponderar as prioridades no nível imediatamente abaixo, fazendo isso para cada elemento. Em seguida, para cada elemento do nível abaixo, deve-se adicionar seus valores ponderados para obter a prioridade geral ou global;
6. continuação do processo de pesagem e adição até que as prioridades finais das alternativas no nível mais baixo sejam obtidas (Saaty, 2008, p. 85).

Segundo as premissas do AHP, a tomada de decisão está relacionada com a avaliação de critérios (fatores), subcritérios (ou subfatores) e alternativas. Para tanto, busca-se obter

pesos numéricos para alternativas com relação a subcritérios e para subcritérios com relação a critérios de ordem mais elevada. O meio de estruturar logicamente os objetivos e subobjetivos do problema de decisão é pela hierarquia, como descrito anteriormente (Saaty, 2000).

No AHP são realizadas comparações pareadas em cada nível hierárquico com o uso de uma escala de prioridades, no qual os participantes desenvolvem pesos relativos, chamados de prioridades, para estabelecer a importância dos critérios. Para Saaty (2000), a escala de prioridades do método AHP representa julgamentos ou comparações a partir da representação numérica de uma relação entre dois elementos que possuem o mesmo nível hierárquico superior. O conjunto dos julgamentos pode ser representado em uma matriz quadrada, na qual os elementos são comparados uns com os outros; cada julgamento representa a dominância de um elemento da coluna à esquerda sobre um elemento na linha do topo.

Para a comparação *par a par* entre os fatores, Saaty (1990) recomenda uma escala numérica composta por nove níveis, conforme a Tabela 3. O nível 1 significa a “indiferença de importância de um critério em relação ao outro” e o 9 significa a “extrema importância de um critério sobre outro”, com “estágios intermediários de importância” entre os níveis “1 e 9”. Além disso, exceto as comparações entre os próprios critérios, que representam 1 na escala linguística, apenas metade das comparações precisa ser feita porque a outra metade constitui-se das comparações recíprocas na matriz, que são os valores recíprocos antes comparados.

Tabela 3 - Escala AHP para comparação de julgamentos

Intensidade da Importância	Definição	Explicação
1	Igual	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Pouco forte	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Muito forte	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Extremamente forte	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre dois julgamentos	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: Saaty (2008).

Segundo Saaty (2009), os números ímpares são usados quando os avaliadores chegam a consenso em relação à avaliação dos critérios (fatores) em questão. Em outras palavras, os números ímpares expressam exatidão e garantem a melhor distinção no processo de

comparação entre os critérios (fatores). Por outro lado, os números pares representam pontos médios, os quais devem ser usados em situações em que os avaliadores não chegam à conclusão consensual.

Outro aspecto que Saaty (2008, p. 95) destaca como *suposição lógica* é: cada número da escala possui um recíproco correspondente. Em outras palavras, se o fator x assume um valor diferente de zero, entre 1 e 9, quando comparado com outro fator y , então y tem um valor recíproco quando comparado com x .

No processo de julgamento utiliza-se a escala de 1 a 9 para se questionar “qual dos dois elementos comparados é mais importante em relação a um critério de nível superior e em qual intensidade?” Saaty (2008, p. 95). Nesse sentido, o elemento mais importante da comparação é sempre usado como um valor inteiro da escala e o menos importante como o inverso dessa unidade. Devido à relação de reciprocidade e à necessidade de consistência entre dois elementos ou critérios, os recíprocos dos valores acima de zero são inseridos na matriz seguindo a lógica da comparação prévia entre de dois elementos ou critérios. Esse processo é considerado robusto, pois, na prática, diferenças sutis em uma hierarquia não se tornam decisivas (Saaty, 2008).

A aplicação do AHP deve ser feita em cinco etapas, como recomenda Saaty (2008):

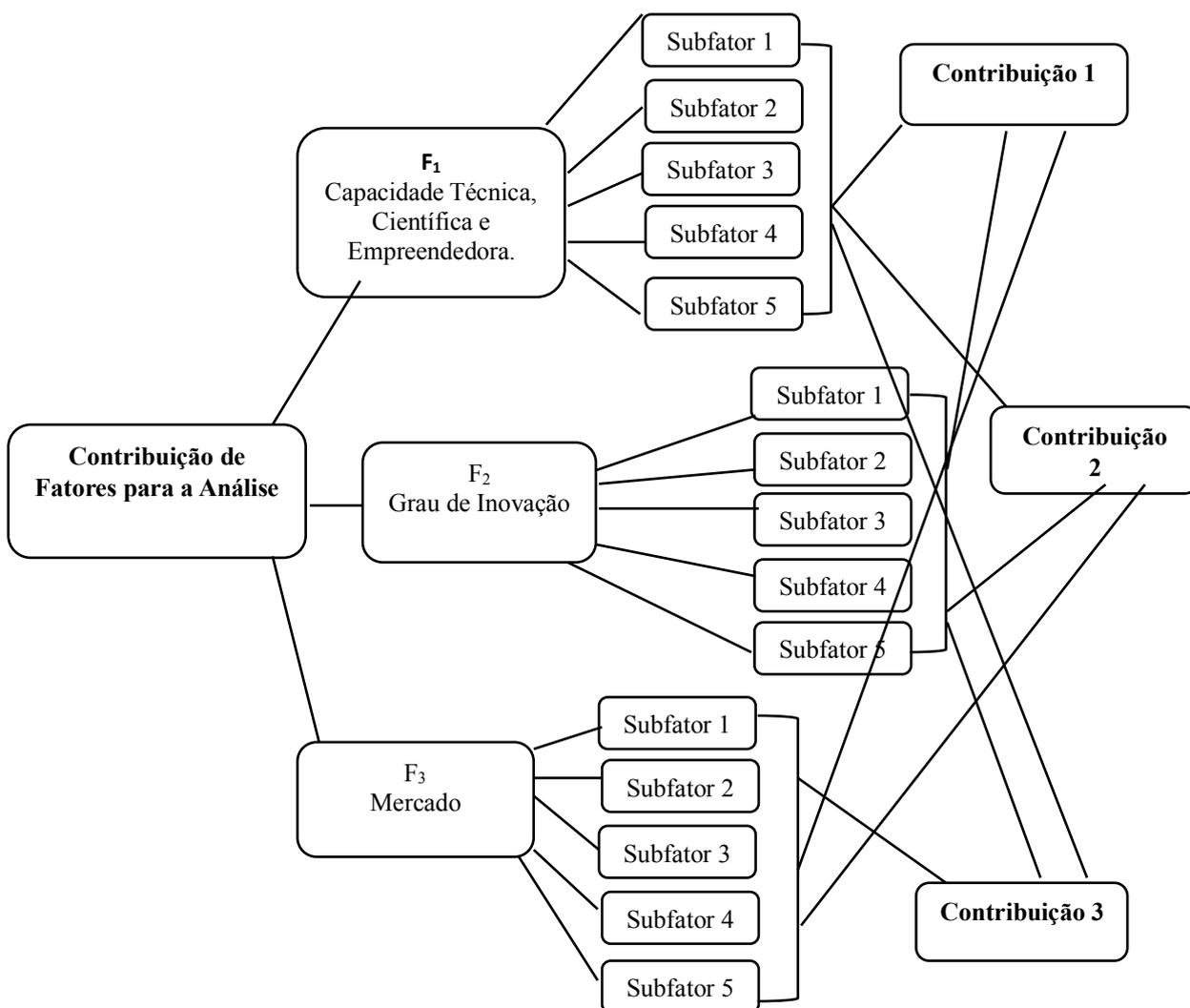
- *Etapa 1* – definir o problema com o desenvolvimento suposições, identificação das partes envolvidas e como se delinea o problema, além do estabelecimento da forma de participação dos indivíduos na aplicação do método AHP.
- *Etapa 2* – decompor o problema em hierarquias sistemáticas, do topo (objetivo geral) para o último nível (usualmente, subfatores e/ou alternativas). Nessa etapa, deve-se certificar que os níveis estejam consistentes e que as relações sejam objetivas e claras.
- *Etapa 3* – construir uma matriz de comparação pareada entre todos os elementos da hierarquia definida, dos níveis inferiores aos níveis superiores.
- *Etapa 4* – completar as matrizes com julgamentos, considerando-se que são necessários $n(n-1)/2$ julgamentos para uma matriz $n \times n$, em que n é o número de linhas e colunas. Se o decisor, especialista ou avaliador julga que o elemento A domina o elemento B, deve-se inserir o número (conforme valores da Tabela 1) na célula da linha de A com a coluna de B. A posição coluna A com linha B terá o valor recíproco; prossegue-se, sucessivamente, com esse procedimento até o preenchimento total da matriz.
- *Etapa 5* – calcular o **Índice de Consistência (IC)**. Refazer julgamentos, se necessário.

- *Etapa 6* – Analisar as matrizes para se estabelecerem as prioridades locais e globais, comparar as alternativas e selecionar a melhor opção. Finalmente, é possível controlar o desempenho da metodologia AHP ao se confrontar os resultados obtidos com o objetivo da decisão e/ou julgamento por meio de um *feedback* de reavaliação e melhoria.

6.6.1 Modelagem do Método AHP

Quanto à definição do problema do estudo, busca-se responder nesta análise qual o grau de contribuição de cada um dos três critérios relevantes para a valoração monetária da tecnologia MEOR PWX-BA2021 e SXG-BA2021? O foco é a classificação da importância proporcional dos fatores, apresentando-a em ordem decrescente, conforme a Figura 26.

Figura 26 - Estrutura de decisão hierárquica em quatro níveis no modelo proposto

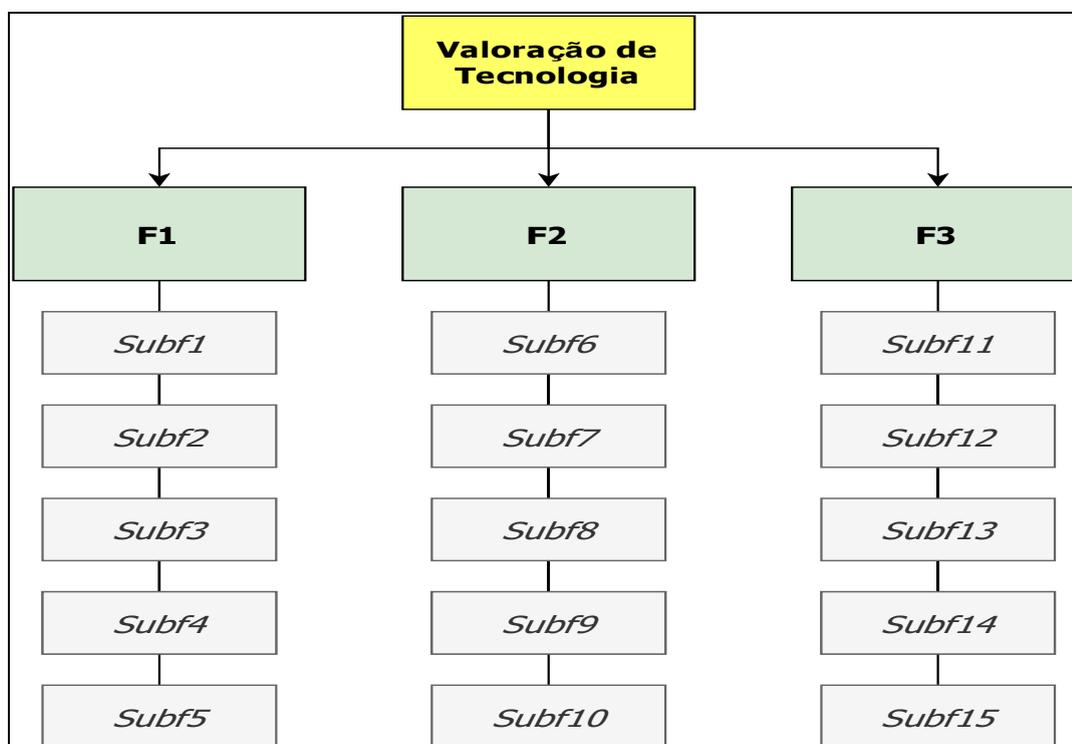


Fonte: elaboração do autor.

A metodologia para valoração de tecnologia com o uso do método AHP é aplicada com base nas análises de seis consultores especialistas no assunto, dos quais um é representante de empresa nacional produtora de petróleo em campos maduros e cinco são gestores de NITs de universidades públicas estaduais e federais com sede no estado da Bahia. O Apêndice mostra as características dos especialistas. Nota-se que todos possuem ampla atuação profissional e acadêmica na área de inovação tecnológica e afins, com elevada experiência em processos de avaliação de tecnologia. Essa configuração do quadro de consultores reflete o princípio do equilíbrio de mercado de tecnologias, isto é, considera os lados da oferta e da demanda de determinada tecnologia.

A coleta das consultas aos especialistas ocorreu entre os meses de setembro e dezembro de 2022. A partir da literatura pertinente, em primeiro lugar são identificados 3 (três) fatores e 15 (quinze) subfatores que influenciam a valoração de tecnologia. A partir disso, foi possível estruturar a hierarquia do processo de valoração de tecnologia, conforme a Figura 27, na qual observa-se de cima para baixo os seguintes níveis na estruturação hierárquica do problema de valoração de tecnologia: nível 1. *objetivo geral*; nível 2. *fatores*; e, nível 3. *subfatores*.

Figura 27 - Hierarquia do problema de valoração de tecnologia

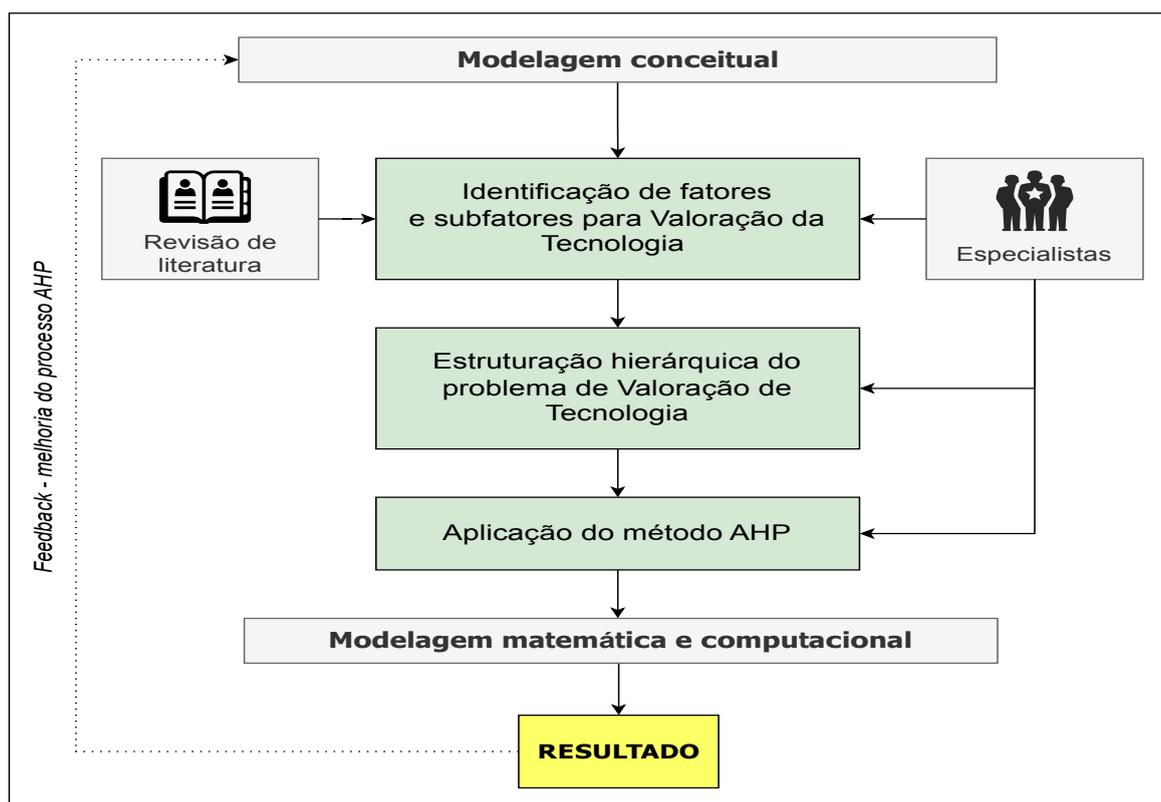


Fonte: elaboração do autor.

Os fatores (F_x) e seus respectivos subfatores ($Subf_x$) são: F_1 *capacidades técnicas* ($Subf_1$ - características empreendedoras; $Subf_2$ - afinidades com a tecnologia; $Subf_3$ - interação e compartilhamento; $Subf_4$ - produção acadêmica; e, $Subf_5$ - potencial de tecnologia pelo capital relacional); F_2 *grau de inovação* ($Subf_6$ - aplicação da tecnologia; $Subf_7$ - proteção; $Subf_8$ - plataforma tecnológica; $Subf_9$ - maturidade tecnológica; e $Subf_{10}$ - validações e testes) e F_3 *mercado* ($Subf_{11}$ - descrição do mercado; $Subf_{12}$ - parcerias; $Subf_{13}$ - viabilidade; $Subf_{14}$ – sustentabilidade ambiental; e $Subf_{15}$ - regulamentação).

Uma descrição aprofundada sobre a formulação do método AHP é fornecida nos trabalhos de Saaty (1980, 1990, 2000, 2003, 2004, 2008). Em geral, a aplicação do método AHP neste estudo é realizada a partir da modelagem conceitual, matemática e computacional do problema de valoração da tecnologia, conforme Figura 28.

Figura 28 - Modelagem do problema de Valoração da Tecnologia com o AHP



Fonte: elaboração do autor.

A modelagem conceitual do problema da “Valoração da Tecnologia” é o primeiro procedimento. Para isso, uma relação atualizada de fatores e subfatores relativos ao tema é extraído da literatura e apresentada aos especialistas participantes do estudo. A amostra de especialistas participantes da pesquisa é caracterizada na seção 4 deste texto.

A participação dos especialistas se dá por meio de uma consulta técnica para a coleta do seu julgamento *par a par*. Em seguida, utiliza-se a abordagem AHP para estruturação hierárquica do problema investigado. Após a construção da hierarquia, os especialistas julgam comparativamente os principais fatores e subfatores. Em outras palavras, estabelecem-se as preferências de um fator/subfator em relação a outro. A partir dos julgamentos dos especialistas, dá-se início à implementação matemática do método AHP, conforme procedimentos detalhados na Figura 28.

Para automatizar todo o cálculo do método AHP, desenvolve-se uma ferramenta computacional (planilha eletrônica), no *software* MS Excel® (em extensão ‘xlsx’), versão 16.28, Microsoft Corp. O desenvolvimento dessa ferramenta de suporte baseia-se na perspectiva de se tratar problemas relacionados com a *avaliação de tecnologia* por meio do método AHP de modo flexível, ágil, padronizado e com tempo e custos reduzidos.

A construção da matriz de comparação pareada entre os elementos da hierarquia, dos níveis inferiores aos superiores, como mostra o Quadro 31, baseia-se na escala de Saaty (2008).

Quadro 31 - Estrutura da matriz de comparação de fatores com método AHP

	Fator X	Fator Y	Fator Z
Fator X	1	1	2
Fator Y	1/1	1	1
Fator Z	1/2	1/1	1

Fonte: elaboração do autor.

Nota: os valores inseridos no Quadro matriz são aleatórios.

6.7 Aplicação do Método AHP para a Análise da Tecnologia MEOR Selecionada

Após a construção da hierarquia, inicia-se a implementação da metodologia AHP a partir da comparação da importância de um fator ou subfator em relação aos outros, mediante a aplicação de questionários de comparação pareada. Decidiu-se a preferência de uma medida em relação a outra a partir do conhecimento e da experiência dos especialistas. As avaliações individuais resultantes de cada especialista foram reunidas e tratadas conjuntamente. Assim, ocorre a agregação de todas as avaliações em valores únicos a serem submetidos à computação do método AHP. Calcula-se a média geométrica para a agregação dos julgamentos individuais dos especialistas, conforme recomendam Forman e Peniwati (1998) com a Equação 1.

$$\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n a_i} \geq \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n b_i} \text{ dado que } a_i \geq 0 \text{ e } b_i > 0; i = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

Com base nos resultados combinados de todos os especialistas, efetuou-se o cálculo AHP completo com o suporte da ferramenta computacional desenvolvida no *software* MS Excel[®] (em extensão ‘xlsx’), versão 16.28, Microsoft Corp[®].

A Tabela 4 apresenta os resultados da avaliação feitas pelos especialistas consultados.

Tabela 4 - Matriz de decisão da avaliação dos fatores F_1 , F_2 e F_3 pelos especialistas

Fatores	F_1 : Capacidade Técnica	F_2 : Grau de Inovação	F_3 : Mercado
F_1 : Capacidade técnica, científica e empreendedora	1	1/5	1/5
F_2 : Grau de inovação	5	1	1
F_3 : Mercado	5	1	1

Fonte: elaboração do autor.

A construção da matriz de decisão, tal como mostra a Tabela 4, é feita a partir das avaliações comparativas dos fatores F_1 , F_2 e F_3 em relação ao problema, pelos especialistas. A Tabela 4, acima, consiste em uma matriz identidade quadrada de ordem 3, na qual os elementos que pertencem à diagonal principal são iguais à unidade. Os elementos que estão abaixo da diagonal principal se referem às notas atribuídas a cada fator pelos especialistas no processo de avaliação *par a par*. Por outro lado, os inversos dessas notas são os elementos que estão acima da diagonal principal, os quais são preenchidos automaticamente na planilha.

A Tabela 5 apresenta a matriz normalizada dos fatores avaliados.

Tabela 5 - Matriz normalizada dos fatores F_1 , F_2 e F_3

Objetivo	F_1	F_2	F_3	Vetor de Prioridade dos Fatores	Prioridade
F_1	0,091	0,091	0,091	0,091	9,09%
F_2	0,455	0,455	0,455	0,455	45,45%
F_3	0,455	0,455	0,455	0,455	45,45%

Fonte: elaboração do autor.

Conforme a combinação sumária das prioridades gerais dos fatores e subfatores, como apresenta a Tabela 4 e os autovetores da Tabela 5, nota-se que as maiores prioridades são dadas aos fatores F_2 e F_3 (ambos com autovetor normalizado igual a 0,455) em relação ao fator F_1 (0,091). Portanto, observa-se que ao fator *capacidade técnica, científica e acadêmica*

atribui-se menos importância nas análises de valorações por parte dos especialistas envolvidos neste estudo. Tal resultado significa que o grau de assimetria de informação sobre esse fator é maior do que os outros dois fatores. Infere-se que o fator F_2 , *grau de inovação*, é considerado mais importante, pois qualquer tecnologia necessita de certos atributos inovadores – sejam radicais ou incrementais.

A importância do fator F_3 *Mercado* relaciona-se com a capacidade da tecnologia de ter viabilidade econômico-financeira sustentável a partir de demandas mercadológicas que assegurem lucratividade futura. Segundo Frattini *et al.* (2018), as incertezas inerentes à comercialização de uma tecnologia devem ser minimizadas por sua utilidade comercial. O fator F_1 *capacidade técnica, científica e empreendedora da equipe de desenvolvedores da tecnologia* obteve peso de prioridade final menos expressivo que os demais. A possível suposição para isso se ancora na percepção – ainda limitada – sobre as inúmeras oportunidades atinentes ao capital humano de instituições científicas, universidades e empresas em prol da geração cooperativa de inovações tecnológicas, a promover o compartilhamento de propriedade intelectual e transferência de tecnologias.

Em seguida, realiza-se o cálculo de **Razão de Consistência (RC)** considerando-se o **Índice de Consistência (IC)** e o **Índice Randômico (IR)**, conforme a Equação 2.

$$\text{Índice de Consistência (IC)} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Uma matriz recíproca, desenvolvida conforme a Etapa 4, possui consistência quando o seu autovalor máximo é igual a n , o qual, por sua vez, refere-se à dimensão da matriz. Assim, uma matriz consistente necessita de $n - 1$ comparações pareadas para que, a partir dessas, as demais comparações possam ser deduzidas. O autovalor é a medida de consistência do julgamento, enquanto o autovetor estabelece a ordem de prioridade. No AHP, busca-se o autovalor máximo λ_{\max} , que pode ser encontrado multiplicando-se a *matriz de julgamentos A* (Etapa 4) pelo vetor coluna de prioridades w , seguido da divisão desse novo vetor encontrado Aw pelo primeiro vetor w .

Desse modo, obtém-se o valor de λ_{\max} , conforme mostra a Equação 3 (Saaty, 2000).

$$\lambda_{\max} = \text{média do vetor } \frac{Aw}{w} \quad (3)$$

Segundo Saaty (2008), se o **Índice de Consistência (IC)** for menor do que 0,1, há consistência para se aplicar os cálculos do método AHP. Caso o **IC** seja maior do que 0,1 sugere-se que julgamentos e avaliações sejam reestabelecidos até que a consistência alcance o

padrão ideal. Para tanto, por exemplo, os instrumentos de coleta de dados utilizados devem ser revisados e/ou dados e informações captadas e processadas devem ser reorganizadas. Em complemento, Saaty (2000) ainda recomenda a aplicação da **Razão de Consistência (RC)**, na qual consideram-se o **IC** e o **Índice Randômico (IR)** que, por sua vez, varia de acordo com o tamanho da amostra n , conforme apresenta a Equação 4.

$$\text{Razão de Consistência (RC)} = \frac{IC}{\text{Índice Randômico (IR) para } n} \quad (4)$$

Uma tabela padrão contendo os **Índices Randômicos (IR)** de matrizes que possuem ordem de 1 a 15 é proposta por Saaty (2000; 2003; 2004), conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Índices Randômicos (IR) do método AHP

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: Saaty (2000, 2003, 2004).

As Tabelas 7 e 8 apresentam os resultados para a consistência da análise.

Tabela 7 - Índice de consistência da matriz dos fatores F_1 , F_2 e F_3

Objetivo	F_1	F_2	F_3	Soma dos Pesos
F_1	0,008264	0,041	0,041	0,090909091
F_2	0,041322	0,207	0,207	0,454545455
F_3	0,041322	0,207	0,207	0,454545455

Fonte: elaboração do autor.

Tabela 8 - Determinação do valor de λ da matriz dos fatores F_1 , F_2 e F_3

Soma dos Pesos	Vetor de Prioridade dos Fatores	Peso / Prioridade
0,090909091	0,090909091	1
0,454545455	0,454545455	1
0,454545455	0,454545455	1
Total		3
λ_{max}		1

Fonte: elaboração do autor.

Após o cálculo de λ da matriz dos fatores F_1 , F_2 e F_3 , seguem-se os cálculos dos valores de **IC**, **IR** e **RC** para F_1 , F_2 e F_3 :

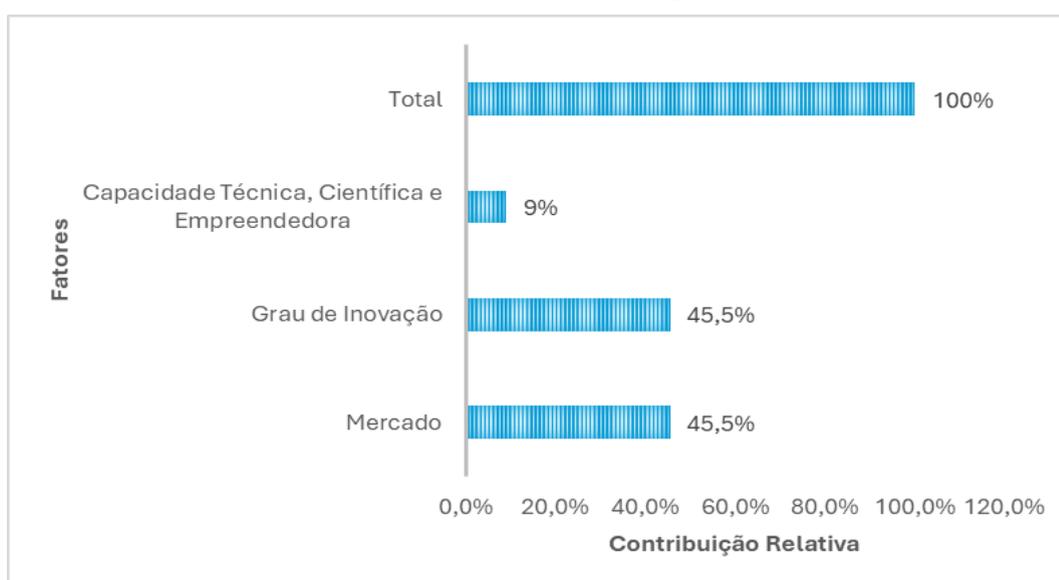
$$IC = -1;$$

$$IR = 0,58;$$

$$RC = -1,72413793$$

Os resultados matriciais obtidos com o método AHP correspondem à contribuição de cada um dos três fatores - F_1 , F_2 e F_3 - para a análise da tecnologia MEOR PWX-BA2021 e SXG-BA2021, e estão expostos através do gráfico representado pela Figura 29.

Figura 29 - Contribuição relativa dos fatores relevantes para PWX-BA2021 e SXG-BA2021



Fonte: elaboração do autor.

Posteriormente, os subfatores são comparados, separadamente, de acordo com cada um dos fatores, seguindo o mesmo procedimento anterior. A Tabela 9 apresenta a comparação pareada dos subfatores $Subf_1$, $Subf_2$, $Subf_3$, $Subf_4$ e $Subf_5$ em relação ao fator F_1 .

As análises comparativas dos subfatores contribuem para julgamentos – por parte dos avaliadores – mais consistentes, com menores níveis de dúvidas e de subjetividade. Os subfatores detalham a composição dos fatores e estimulam o uso de conhecimentos mais específicos pelos avaliadores, o que contribui para uma tomada de decisão acerca das prioridades mais segura.

Tabela 9 - Avaliação dos subfatores $Subf_1$ a $Subf_5$ (Fator 1 – Grau de Inovação)

F_1	$Subf_1$	$Subf_2$	$Subf_3$	$Subf_4$	$Subf_5$
$Subf_1$	1	1	1	0,25	1
$Subf_2$	1	1	1	0,25	1
$Subf_3$	1	1	1	0,142857	1
$Subf_4$	4	4	7	1	0,5
$Subf_5$	1	1	1	2	1

Fonte: elaboração do autor.

Após a normalização da matriz de julgamento dos subfatores $Subf_1, Subf_2, Subf_3, Subf_4$ e $Subf_5$, calcula-se o RC , considerando-se o IC e o IR .

A Tabela 10 mostra o valor de λ_{max} para a matriz dos subfatores $Subf_1, Subf_2, Subf_3, Subf_4$ e $Subf_5$.

Tabela 10 - Valor de λ da matriz dos subfatores $Subf_1$ a $Subf_5$ (Fator 1 – Grau de Inovação)

Soma dos Pesos	Vetor de Prioridade dos Subfatores	Peso / Prioridade
0,119721361	0,126351753	0,947524337
0,119721361	0,126351753	0,947524337
0,107827334	0,1204694	0,895059942
0,33873948	0,40439691	0,837641117
0,313990465	0,222430184	1,411636042
	Total	5,039385774
	λ_{max}	1,007877155

Fonte: elaboração do autor.

Em seguida, faz-se os cálculos dos valores de: $IC = -0,99803; IR = 1,12; e, RC = -0,8910988$ em termos dos subfatores $Subf_1, Subf_2, Subf_3, Subf_4$ e $Subf_5$.

A Tabela 11 mostra o valor de λ_{max} para a matriz dos subfatores $Subf_6, Subf_7, Subf_8, Subf_9$ e $Subf_{10}$ de F_2 .

Tabela 11 - Determinação do valor de λ da matriz dos subfatores $Subf_6$ a $Subf_{10}$

Soma dos Pesos	Vetor de Prioridade dos Subfatores	Peso / Prioridade
0,151756739	0,161273305	0,940991063
0,083503366	0,079700824	1,047710204
0,316262889	0,289348172	1,093018445
0,230450857	0,234874982	0,981163915
0,218026149	0,234802717	0,928550367
	Total	4,991433993
	λ_{max}	0,998286799

Fonte: elaboração do autor.

Assim, para os subfatores $Subf_6, Subf_7, Subf_8, Subf_9$ e $Subf_{10}$, tem-se o valor de: $IC = -1,00043; IR = 1,12; e, RC = -0,8932395$.

A Tabela 12 descreve a determinação de λ_{mc} para a matriz dos subfatores $Subf_{11}, Subf_{12}, Subf_{13}, Subf_{14}$ e $Subf_{15}$ do fator F_3 .

Portanto, para os subfatores $Subf_{11}, Subf_{12}, Subf_{13}, Subf_{14}$ e $Subf_{15}$ calcula-se o valor de: $IC = -0,99972; IR = 1,12; e, RC = -0,8926035$

Tabela 12 - Determinação do valor de λ da matriz dos subfatores $Subf_{11}$ a $Subf_{15}$

Soma dos Pesos	Vetor de Prioridade dos Subfatores	Peso / Prioridade
0,118531097	0,122349243	0,968793053
0,277026087	0,2256539	1,227659203
0,398259312	0,426303251	0,934215987
0,112015511	0,13626065	0,822067935
0,094167992	0,089432956	1,052945099
	Total	5,005681277
	λ_{max}	1,001136255

Fonte: elaboração do autor.

Finalmente, apura-se a combinação sumária das prioridades de todos os fatores e subfatores determinantes da valoração de tecnologia, conforme mostra a Tabela 13. Constatase que relativamente ao fator *capacidades técnicas* destacam-se as maiores importâncias relativas dos subfatores *Sub* (produção acadêmica – 0,404) e *Sub* (potencial de tecnologia pelo capital relacional – 0,222). Os especialistas compreendem que o valor da tecnologia pode ser medido por meio de indicadores de produtividade científica (publicações científicas, registro de marcas, patentes, *softwares*), corroborando a incorporação de conhecimentos por meio do capital relacional desenvolvido com distintos agentes da sociedade.

Tabela 13 - Combinação sumária das prioridades gerais dos fatores e subfatores

Fatores	Capacidade Técnica	Grau de Inovação	Mercado
Vetor de Prioridade dos fatores ($F_1 F_2 F_3$)	Vetor de Prioridade dos Subfatores ($Subf_1$ ao $Subf_5$)	Vetor de Prioridade dos Subfatores ($Subf_6$ ao $Subf_{10}$)	Vetor de Prioridade dos Subfatores ($Subf_{11}$ ao $Subf_{15}$)
0,091	0,126	0,161	0,122
0,455	0,126	0,080	0,226
0,455	0,120	0,289	0,426
	0,404	0,235	0,136
	0,222	0,235	0,089

Fonte: elaboração do autor.

Em relação fator F_2 grau de inovação ganham destaque os subfatores $Subf_8$ (plataforma tecnológica – 0,289), $Subf_9$ (maturidade tecnológica – 0,235) e $Subf_{10}$ (validações e testes – 0,235). Ou seja, maior ênfase é concedida aos elementos que podem ser gerados a partir da tecnologia, além de sua qualidade comparativa e perspectiva de aplicação prática em ambientes reais da sociedade. Quanto ao fator F_3 Mercado, o subfator $Subf_{13}$ (viabilidade – 0,426) revela-se como o mais importante na percepção dos especialistas porque é de suma importância assegurar a viabilidade econômico-financeira e de mercado da tecnologia, de modo que haja retorno satisfatório dos investimentos aplicados na forma de lucros e outras benesses. Assim, a expressiva importância dada ao subfator $Subf_{13}$ ratifica o protagonismo do fator F_3 Mercado como um dos principais quesitos para valoração de tecnologia.

Diante disso, é possível afirmar que o método AHP apresenta boas oportunidades para a melhoria do processo de valoração de tecnologia, por ser capaz de modelar e solucionar adequadamente o problema tratado e fornecer *insights* úteis para avaliação tecnológica. Ressalta-se ainda que a aplicação da ferramenta computacional desenvolvida no *software* MS Excel® (em extensão ‘xlsx’), versão 16.28, Microsoft Corp é propícia ao tratamento de problemas de natureza multicritério de modo flexível, ágil e padronizado, tal como visto no problema de valoração de tecnologia.

6.8 Conclusão do Capítulo

Neste capítulo, propõe-se uma metodologia para avaliação qualitativa de tecnologia com o uso do método AHP, para estimar as contribuições relativas de três fatores na valoração total do ativo tecnológico. Para tanto, opta-se por uma pesquisa teórico-empírica mediante a coleta de dados a partir dos julgamentos *par a par* por especialistas: presidente de uma empresa produtora de petróleo e gás em campos maduros e cinco gestores dos NIT de universidades públicas do estado da Bahia.

A seleção dos principais fatores e subfatores condicionantes da valoração de tecnologia tem por base quesitos extraídos da pesquisa bibliográfica. Após a construção da hierarquia do problema de valoração, os especialistas fazem a comparação dos quesitos por meio de consultas comparativas em reuniões virtuais. Os pesos de prioridade de cada fator/subfator são calculados com o uso do método AHP. Os principais fatores (em ordem de prioridade - F_2 grau de inovação ou F_3 Mercado e F_1 capacidades técnicas) e subfatores que influenciam o valor da tecnologia são identificados após a computação da pontuação final de

todos os elementos julgados pelos especialistas. Desse modo, observam-se importantes oportunidades de uso do método AHP na valoração de tecnologia, com destaque para a racionalização do processo de avaliação subsidiado pelo apoio da ferramenta computacional desenvolvida, a qual promove a diminuição de tempo e custos, além de fomentar a compreensão analítica de um problema complexo que envolve diversos objetivos e critérios.

Dessa maneira, considera-se alcançado o objetivo proposto na seção introdutória deste texto, ou seja, com a aplicação do AHP mensura-se a contribuição de cada um dos critérios identificados como F_1 *capacidade técnica, científica e empreendedora da equipe de desenvolvedores da tecnologia*, F_2 *grau de inovação* e F_3 *Mercado* nas análises do modelo.

Todavia, há limitações metodológicas neste estudo, dentre as quais destacam-se duas: (i) os resultados obtidos dos especialistas da amostra não são extensíveis a outros contextos; e (ii) o problema de valoração de tecnologia foi formatado com um número limitado de variáveis analisadas sob a ótica de única abordagem multicritério. Portanto, pesquisas futuras podem examinar uma amostra maior de especialistas, inclusive de outras áreas e setores econômicos de atuação, bem como adotar outros modelos e abordagens quantitativas e qualitativas para melhor compreensão da valoração de tecnologia. Apesar das limitações expostas, acredita-se que este estudo colabore com a redução da subjetividade, riscos e incertezas atinentes à gestão de tecnologias e promova a reflexão de pesquisadores e profissionais.

7 VALORAÇÃO MONETÁRIA TECNOLOGIA MEOR SELECIONADA

Este capítulo é composto pelo estudo da quantificação do valor de uma tecnologia real que possui reivindicação de patente antes mesmo de ser demonstrada em ambiente espacial. Segundo Simões (2022, p.156), é comum na indústria de petróleo ocorrer o patenteamento de tecnologias antes de sua introdução no sistema produtivo.

Entende-se que a valoração de tecnologia pode ser realizada com diferentes métodos, de acordo com o objetivo e os indicadores que se pretende mensurar. O objetivo do estudo é aplicar o método de valoração proposto para analisar a tecnologia MEOR PWX-BA2021 e SXG-BA2021. Busca-se testar a eficácia desse método e prever o valor monetário esperado para tecnologia, tendo como foco contratual a licença baseada em pagamento de *royalties*. Pretende-se que o valor inclua riscos e incertezas associados.

7.1 Metodologia do Capítulo

Neste capítulo, tal como no anterior, aplica-se a estratégia de pesquisa *Estudo de Caso único* (YIN, 2010), com base em princípios da metodologia científica, como explícito no Quadro 32.

Quadro 32 - Caracterização da metodologia do capítulo

Abordagem	Delimitação	Referências
Área de conhecimento	Multidisciplinar	Gil (2010) Marconi e Lakatos (2022)
Finalidade	Aplicada	
Objetivos	Descritiva e explicativa	
Abordagem	Qualitativa e quantitativa	
Procedimentos técnicos (referências)	Bibliográfica e documental	
Técnicas	Estatística descritiva, regressão linear, correlação.	

Fonte: elaboração do autor.

O objetivo deste capítulo é mensurar o valor da taxa de acesso *up front*) da taxa de *royalty* e o valor da tecnologia MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021, em função do seu grau de desenvolvimento tecnológico, para apoiar futura negociação de transferência de titularidade. Para atingir esse objetivo, a análise dos dados obtidos ocorre em duas etapas, com a utilização de três técnicas estatísticas: *Estatística descritiva, determinação não paramétrica do coeficiente de correlação de Spearman e regressão linear*.

A análise descritiva consiste em descrever as variáveis relacionadas à série histórica de produção de petróleo e receitas de vendas. A técnica de determinação do coeficiente de

Spearman é em analisar as relações entre a vida útil do campo de petróleo e a produção do óleo, a partir de tecnologia de base tradicional e da tecnologia MEOR. A regressão estima o valor *up front* conforme o grau de desenvolvimento da MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021.

A base de dados para as análises nesta tese é uma compilação de dados secundárias e quantitativas disponibilizadas por três origens: (a) dos julgamentos dos especialistas, normalizados pela técnica AHP; (b) do estudo da viabilidade econômica em campos maduros, de autoria de Senna (2011), para os dados de produção, custos e receitas relativas à Recuperação Avançada de Petróleo com uso de tecnologia tradicional; e (c) documentos governamentais, como a Portaria Ministerial nº 436/58, de 30/12/1958 (Brasil, 1958).

Os procedimentos neste trabalho se baseiam nas etapas descritas no capítulo 4 e nos resultados da análise qualitativa vistas no capítulo 5. O texto está organizado em cinco seções: metodologia do capítulo (seção 6.1); análise dos fatores, incluindo determinação dos pesos e pontuação dos fatores (seção 6.2); viabilidade financeira da Recuperação Avançada de Petróleo MEOR (seção 6.3); cálculo do valor monetário da tecnologia com e sem MEOR (seção 6.4); e conclusão do capítulo (seção 6.5).

7.2 Análise dos Fatores

A análise dos fatores engloba os seguintes cálculos: *os pesos relativos aos fatores, a pontuação atribuída pelo responsável da valoração, no caso o autor desta tese, e o cálculo do grau de desenvolvimento das tecnologias MEOR-BA2021 e SXG-BA2021.*

7.2.1 Cálculo dos pesos

Para o cálculo dos pesos, compara-se o grau de importância relativa de cada fator com o grau de importância relativa do fator capacidade técnica, científica e acadêmica, por ser o menor entre os três. Grau de inovação/Capacidade técnica ($45\% \div 9\% = 5$); Mercado//Capacidade técnica ($45\% \div 9\% = 5$) e Capacidade técnica//Capacidade técnica ($9\% \div 9\% = 1$). O Quadro 33 apresenta os pesos para cada fator.

Quadro 33 - Distribuição de pesos por fator

Fatores	Graus de contribuição (AHP)	Pesos
Grau de Inovação	48%	5
Mercado	44%	5
Capacidade técnica, científica e empreendedora	8%	1

Fonte: elaboração do autor.

7.2.2 Pontuação e cálculo do grau de desenvolvimento da MEOR 202/SXG-BA2021

A pontuação dos fatores deve ser feita sempre pelo responsável em valorar a tecnologia dentro do NIT; o autor, no caso desta tese. Inicialmente se atribui uma nota para cada uma das cinco questões que compõem cada fator, conforme o conteúdo e coerência das informações disponíveis (Ver Apêndice). Uma tecnologia que esteja totalmente desenvolvida e pronta para a comercialização pode receber a pontuação máxima, ou seja, 40 pontos por questão, que resulta em 200 pontos por fator. A pontuação total dos fatores é obtida pela soma da multiplicação de 200 pontos pelo peso de cada fator. A Tabela 14 apresenta um exemplo de pontuação para tecnologia com 100% do seu desenvolvimento concluído.

Tabela 14 - Pontuação por fator para uma tecnologia no último estágio de desenvolvimento

Fatores	$P_{fat.}$	Peso (p)	$Pt_{máx.} = P_{fat.} \times p$	$P.t$ (%)
Capacidade técnica, científica e empreendedora	200	1	200	9%
Grau de inovação	200	5	1.000	45%
Mercado	200	5	1.000	45%
Total	600	-	2.200	100%

Fonte: elaboração do autor.

A Tabela 15 apresenta a pontuação atribuída pelo analista e a pontuação real para a tecnologia MEOR, por grupo de fator.

Tabela 15 - Pontuação por fator para a tecnologia MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021

Fator	Subfator	Pontuação (analista)	Soma	Peso (p) AHP	$Pt_{real.} = P_{fat.} \times p$	$P.t$ (%)
Grau de Inovação	Aplicação da Tecnologia	30	170	1	80	5%
	Proteção	40				
	Plataforma Tecnológica	40				
	Maturidade Tecnológica	30				
	Validações e Testes	30				
Mercado	Descrição do mercado	30	120	5	700	47%
	Parcerias	20				
	Viabilidade	10				
	Sustentabilidade ambiental	40				
	Regulamentação	20				
Capacidade técnica, científica e empreendedora	Características empreendedoras	20	80	5	700	47%
	Afinidades com a tecnologia	10				
	Interação e compartilhamento	20				
	Produção acadêmica	10				
	Potencial da tecnologia pelo capital relacional	20				
Totais			370	-	1.480	100%

Fonte: elaboração do autor.

Os resultados refletem uma classificação: Grau de inovação, 170 pontos, Mercado, 120 pontos, e Capacidade Técnica, Científica e Empreendedora, 80 pontos. Essa escala de pontuação expressa a importância relativa determinada. Associadas ao peso p no AHP, com o objetivo de reduzir ao máximo a subjetividade da análise, as pontuações reais são Grau de inovação, 80 pontos, Mercado, 700 pontos, e Capacidade Técnica, Científica e Empreendedora, 700 pontos.

Para identificar a relação entre o grau de desenvolvimento da MEOR e a escala TRL, apresenta-se uma matriz de distribuição, conforme o faz originalmente Oliveira (2020, p. 150). O arranjo consiste em transformar em valores percentuais os valores dos níveis da TRL. Na presente tese, o grau de desenvolvimento mínimo da tecnologia é 1% (0,09 na TRL), em vez de iniciar em 0%, como o faz Oliveira (2020). O cálculo é uma regra de três simples, ou seja, $100\%x = 9.1\%$, substituindo-se o 1% por 2%, 3%, e assim sucessivamente. A linha L_7 e Coluna C_8 da matriz localiza o grau de desenvolvimento da MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021, 66,8%, e sua correspondente TRL (6,03), como mostra o Quadro 34.

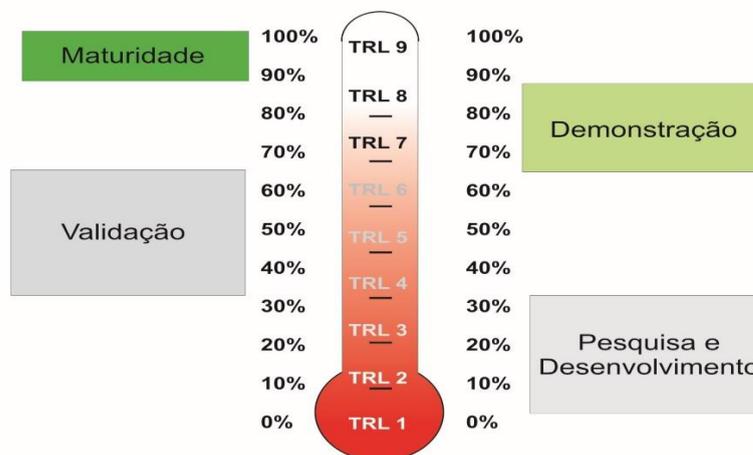
Quadro 34 - Nível de desenvolvimento tecnológico MEOR PWX/SXG-BA2021

C1	GD/TRL	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C1
L1	GD (%)	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
	TRL	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,81	0,9
L2	GD (%)	11%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%
	TRL	0,99	1,08	1,17	1,26	1,35	1,44	1,53	1,62	1,71	1,8
L3	GD (%)	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%
	TRL	1,89	1,98	2,07	2,16	2,25	2,34	2,43	2,52	2,61	2,7
L4	GD (%)	31%	32%	33%	34%	35%	36%	37%	38%	39%	40%
	TRL	2,79	2,88	2,97	3,06	3,15	3,24	3,33	3,42	3,51	3,6
L5	GD (%)	41%	42%	43%	44%	45%	46%	47%	48%	49%	50%
	TRL	3,69	3,78	3,87	3,96	4,05	4,14	4,23	4,32	4,41	4,5
L6	GD (%)	51%	52%	53%	54%	55%	56%	57%	58%	59%	60%
	TRL	4,59	4,68	4,77	4,86	4,95	5,04	5,13	5,22	5,31	5,4
L7	GD (%)	61%	62%	63%	64%	65%	66%	67%	68%	69%	70%
	TRL	5,49	5,58	5,67	5,76	5,85	5,94	6,03	6,12	6,21	6,3
L8	GD (%)	71%	72%	73%	74%	75%	76%	77%	78%	79%	80%
	TRL	6,39	6,48	6,57	6,66	6,75	6,84	6,93	7,02	7,11	7,2
L9	GD (%)	81%	82%	83%	84%	85%	86%	87%	88%	89%	90%
	TRL	7,29	7,38	7,47	7,56	7,65	7,74	7,83	7,92	8,01	8,1
L10	GD (%)	91%	92%	93%	94%	95%	96%	97%	98%	99%	100%
	TRL	8,19	8,28	8,37	8,46	8,55	8,64	8,73	8,82	8,91	9

Fonte: elaboração do autor, a partir de Oliveira (2020).

A Figura 30 apresenta os níveis de desenvolvimento da tecnologia distribuídos em quatro fases – Pesquisa e Desenvolvimento, Demonstração, Validação e Maturidade.

Figura 30 - Grau de desenvolvimento tecnológico da MEOR e sua relação com a TRL



Fonte: elaboração do autor.

A adequação da TRL é necessária porque as tecnologias desenvolvidas no sistema de inovação da NASA – criadora original da TRL com apenas sete níveis – são diferentes das tecnologias MEOR. Dessa forma, o tempo necessário, a quantidade e a estrutura das etapas de desenvolvimento também são distintas. Outra justificativa, de acordo com Hobson (2006), é o fato de a escala TRL desconsiderar a influência de outros elementos de análise de maturidade tecnológica no indicador final que se pretende, ficando restrita apenas à capacidade da tecnologia. Na presente proposta, como se esclarece em capítulos anteriores, fazem parte da análise aspectos a respeito do mercado, viabilidade, meio ambiente e outros.

Portanto, diante do exposto, conclui-se que a MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021 se encontra na etapa de validação da trajetória de desenvolvimento tecnológico (Quadro 35).

Quadro 35 - Grau de maturidade da tecnologia MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021

Dimensão de PD&I	Etapas	TRL
Pesquisa	Ideia: princípios básicos observados e reportados Formulação e prova de conceito	1 a 2
Desenvolvimento	Formulação da tecnologia, testes experimentais de componentes, testes de reologia	3 a 4
Validação	Validação de protótipo em laboratório	6 a 7
Demonstração	Demonstração de modelo ou protótipo da tecnologia	7
Maturidade	Comercialização e Introdução da tecnologia em sistema de produção.	8 e 9

Fonte: elaboração do autor.

7.2.3 Estudo da correlação e regressão

A correlação e a regressão tratam do estudo do relacionamento linear entre duas ou mais variáveis. A correlação consiste na determinação do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas (Gujarati, 2006), enquanto a regressão explica a forma como essa relação se estabelece. As variáveis da relação linear são ilustradas em um *Diagrama de dispersão*, que nesta tese são o ano e a receita correspondente ao volume de petróleo. O *Diagrama de dispersão* – também conhecido como *gráfico de dispersão* ou gráfico de correlação – é uma representação gráfica em que pontos no espaço cartesiano representam a relação entre duas variáveis X e Y , expressa em forma numérica (Lapponi, 2005).

A correlação fornece um coeficiente que reflete o grau de relação linear entre as variáveis em estudo. Existem na literatura três coeficientes de correlação: o coeficiente de Pearson, o coeficiente de Spearman e o coeficiente de Kendall (Gujarati, 2006). Para a presente tese, aplica-se o coeficiente de Spearman, pois os dados constituem uma amostra pequena.

O coeficiente de Spearman (ρ) é uma medida não paramétrica que expressa a intensidade e a direção da relação monótona entre duas variáveis contínuas ou discretas. Em outras palavras, o coeficiente de Spearman não pressupõe que a relação entre as variáveis seja linear, nem que tais variáveis sejam quantitativas. Conforme Devore (2006), a fórmula para o cálculo do coeficiente de correlação de Spearman é:

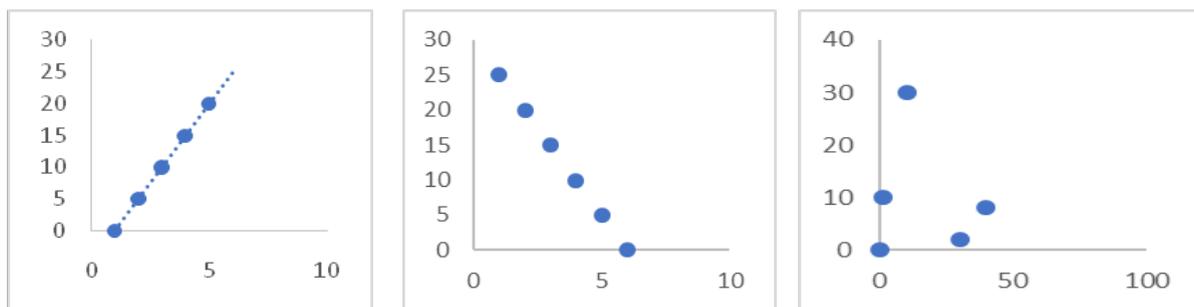
$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{cov(X, Y)}{\sqrt{VAR(X) \cdot var(Y)}}$$

Onde: x_1, x_2, y_1 e y_2 : expressam os valores das duas variáveis reais; e \bar{X} e \bar{Y} : são as médias amostrais de X e Y , respectivamente.

O coeficiente de correlação varia entre $-1 \leq r \leq 1$ e, a partir desse intervalo, de acordo com Gujarati (2006), a correlação pode ser forte, moderada ou fraca. Quanto mais próximo de 1, independentemente do sinal, maior é o grau de dependência estatística linear (monotônica) entre as variáveis. No extremo oposto, quanto mais próximo de zero é o coeficiente, menor é a força dessa relação. A correlação pode ser também negativa ou positiva – é considerada negativa quando as variáveis associadas variam em direções opostas e a reta da correlação inclina-se para baixo; e positiva quando as variáveis variam na mesma direção e a reta inclina-se para cima (Gujarati, 2006). A correlação linear pode ser positiva e perfeita, quando o coeficiente $\rho = 1$; negativa e perfeita, quando $\rho = -1$ e nula quando $\rho = 0$.

O caráter metodológico da correlação e regressão pressupõe uma sequência operacional que consiste, além do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman (ρ), a análise gráfica da dispersão e aplicação do coeficiente para medir a intensidade e a direção da relação entre as variáveis em questão. A Figura 31 apresenta os três exemplos de relações lineares entre duas variáveis hipotéticas X e Y.

Figura 31 - Representação gráfica hipotética de correlação positiva, negativa e nula



Painel (a): relação linear positiva e perfeita ($\rho = 1$).

Fonte: elaboração do autor.

Painel (b): relação linear negativa e perfeita ($\rho = -1$)

Painel (c): nenhuma relação $\rho =$

Contudo, como apontam Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009), os valores extremos 0 ou 1 dificilmente ocorrem na prática. Diante disso, os pesquisadores elaboram escalas adequadas à área de estudo em questão para interpretar a magnitude dos coeficientes. Para a análise contida nesta tese, opta-se por adotar a escala no Quadro 36.

Quadro 36 - Interpretação do coeficiente de correlação

Valores da correlação (ρ)	Interpretação
0,00	Inexistência de correlação
0,01 a 0,19	Correlação muito fraca
0,20 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 0,99	Correlação muito forte
1,00	Correlação perfeita

Fonte: elaboração do autor, adaptado de Devore (2006).

A análise de regressão é a técnica estatística que se ocupa do estudo da dependência de uma variável dependente (Y) em relação a uma ou mais variáveis independentes – ou explicativas, (X) – com o objetivo de estimar ou prever a média populacional ou o valor médio da variável dependente em termos dos valores conhecidos ou fixos das variáveis

explicativas (Gujarati, 2006, p. 4). Em outras palavras, após a constatação da existência de correlação entre as variáveis (X) em (Y), utiliza-se a regressão para determinar o grau de influência das variações de uma sobre a outra.

Uma regressão linear simples supõe linearidade entre variáveis e estima uma equação matemática que, conhecido o valor de uma única variável preditora (X), prevê o valor da variável (Y). O modelo de regressão linear tem a forma da equação $Y_i = \alpha + \beta \cdot X_i + e_i$, em que α e β são os parâmetros. Por outro lado, a reta ajustada tem a forma $\hat{Y} = a + bx$, em que a é o intercepto, ou seja, o valor em que a regressão intercepta o eixo y, e b : é a inclinação da reta.

Para cada aumento de uma unidade em X , ocorre um aumento médio de b em unidades de Y . O modelo permite encontrar os valores dos coeficientes que minimizem da soma do quadrado dos erros (SSR) para os dados observados.

O Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) admite a reta de regressão estimada na forma $Y = a + bx$, em que o somatório dos quadrados dos erros $\sum_i^2 e_i$ é minimizado.

A associação entre duas variáveis pode ser de dois tipos: a associação experimental, que estabelece o controle sobre as variáveis em estudo, caso da presente tese, e a associação correlacional, em que as variáveis são observadas sem receberem nenhum controle.

Os procedimentos são executados por meio de planilhas eletrônicas específicas para essa finalidade com a utilização do Excel[®] ‘xlsx’, versão 16.28, Microsoft Corp.

1.3 Viabilidade Financeira da Recuperação Avançada de Petróleo com e sem MEOR

Antes da valoração monetária da tecnologia MEOR PWX-BA2021 e SXG-BA2021 é necessária uma análise de viabilidade econômica comparada da exploração de um campo maduro, por meio de simulação sem e com a aplicação da tecnologia em questão. O objetivo da análise é o fornecimento dos valores dos coeficientes da equação $Y = a + bx$, de modo que seja possível a definição das correlações e regressões. Os parâmetros mais importantes são a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa de Retorno Interno (TIR). A análise comprova que a viabilidade com a introdução da MEOR supera a viabilidade financeira, com uso de tecnologia de base tradicional por um período de 10 anos. A partir do ano 2, prevê-se o declínio da produção de 11% ao ano.

Os dados para a análise são obtidos do estudo de Senna (2011), fazendo-se as devidas atualizações cambiais dos valores financeiros. A escolha desse estudo se justifica pelo fato de que a tecnologia MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021 ainda não está aplicada em um sistema

de produção real. Os dados são os seguintes: a vida útil do campo maduro, o volume de petróleo, medido em barris e em m³/d, e o preço do barril de petróleo, em dólar americano

Senna (2011) previu a produção de 4,0 m³/d de óleo, BSW total (*Basic Sediment and Water*) de 85% durante a vida útil do poço, ou seja, a cada 1m³ de óleo produzido ocorre a produção de 5,7m³ de água, fator de recuperação final de 35% e um decréscimo anual de 11% da produção com base nos dados histórico do referido poço.

Conclui-se, da análise que a tecnologia MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021 é viável ao preço unitário de setenta dólares, superando a viabilidade da recuperação de petróleo com utilização de tecnologias tradicionais, com destaque para VPL e a TIR. Os dados estão expostos na Tabela 16.

Tabela 16 - Parâmetros de viabilidade da MEOR por tipo de tecnologia

Parâmetros	Tecnologia de Base tradicional		MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021	
	Ano 1	Ano 10	Ano 1	Ano 10
Receita	US\$ 534.632,00	US\$ 187.312,00	US\$ 695.021,60	US\$ 243.505,60
Custos Totais*	US\$ 154.500,00	US\$ 45.352,00	US\$ 154.500,00	US\$ 45.352,00
Lucro Bruto	US\$ 380.132,00	US\$ 141.960,00	US\$ 540.521,60	US\$ 198.153,60
Lucro Tributável	US\$ 380.132,00	US\$ 141.960,00	US\$ 540.521,60	US\$ 198.153,60
Impostos	US\$ 152.053,00	US\$ 56.784,07	US\$ 216.208,92	US\$ 79.261,54
Lucro Líquido	US\$ 228.079,00	US\$ 235.175,93	US\$ 324.312,68	US\$ 268.892,06
Investimento inicial	US\$ 820.000,00			
Preço do barril	US\$ 70,00		US\$ 70,00	
Preço unitário	US\$ 0,440306957		US\$ 0,440306957	
VPL	US\$ 44.321,48		US\$ 341.366,04	
TIR	16,81%		28	
TMA	15%		15%	

Fonte: elaboração do autor

Dois componentes dos impostos são definidos com base na Resolução Diretora ANP Nº 148/2009, a saber: 0,5% sobre o valor da produção, relativo a pagamento aos proprietários de terras e 5% da receita bruta da produção de petróleo do campo, relativos a pagamento de *royalties*. O terceiro componente consiste em 40% sobre a receita líquida total (Senna, 2011).

7.2 Cálculo do Valor Monetário das Tecnologias MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021

O primeiro procedimento para a valoração consiste em identificar a variável (**y**) que possui correlação positiva com a variável taxa de acesso à tecnologia MEOR, ou valor *up*

front (x). Nota-se que o grau de desenvolvimento da tecnologia MEOR PWX-BA2021 e SXG-BA2021, expresso por x na equação $Y = ax + b$, é a variável que tem a melhor correlação (moderada) com o valor da tecnologia, em que Y : valor *up front*; A e B : variáveis condicionais e x : grau de desenvolvimento da tecnologia no modelo proposto.

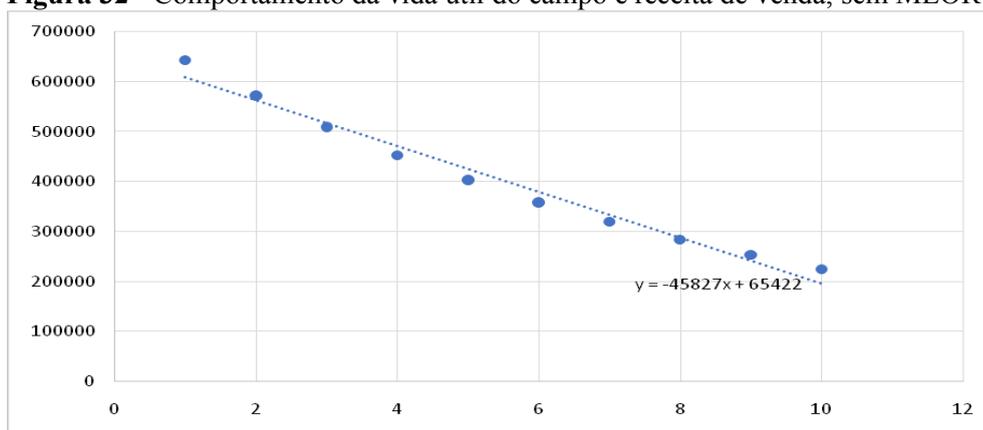
Segundo Senna (2011), a produção média de petróleo esperada para campos maduros no Brasil é 4 m³/d, cujo preço mínimo por barril para viabilizar o desenvolvimento desse tipo de campo é de US\$ 55.00, bem abaixo do preço praticado no mercado naquele momento. O procedimento seguinte é a estimação da correlação e a regressão para quatro cenários tecnológicos de recuperação avançada de petróleo para um período de 10 anos. O primeiro cenário é recuperação de petróleo com a injeção de água, uma tecnologia tradicional, e os demais com MEOR, supondo-se aumento da recuperação 10%, 19% e 25% respectivamente.

Em todos os cenários, o coeficiente de correlação entre a vida útil do reservatório e o volume de petróleo residual recuperado é fortemente negativa. Quanto mais antigo o campo, menor é a recuperação de petróleo e a queda anual é de 11%. A receita de vendas também diminui ao longo do tempo, tanto para tecnologias tradicionais quanto para MEOR. O primeiro cenário é uma estimativa de RAP com injeção de água. A correlação entre o ciclo de vida do campo (anos) e as respectivas receitas é -0,98944. A equação de regressão é $Y = -45827x + 654220$, como mostram a Tabela 17 e o gráfico da Figura 32.

Tabela 17 - Estimativa de receita anual de petróleo recuperado, sem MEOR

Ano	Barril	M ³	Receita (US\$)
1	9.183	1.460	US\$642.810,00
2	8.173	1.299	US\$572.110,00
3	7.274	1.156	US\$509.180,00
4	6.474	1.029	US\$453.180,00
5	5.762	916	US\$403.340,00
6	5.128	815	US\$358.960,00
7	4.565	726	US\$319.550,00
8	4.062	646	US\$284.340,00
9	3.615	575	US\$253.050,00
10	3.217	512	US\$225.190,00

Fonte: elaboração do autor.

Figura 32 - Comportamento da vida útil do campo e receita de venda, sem MEOR

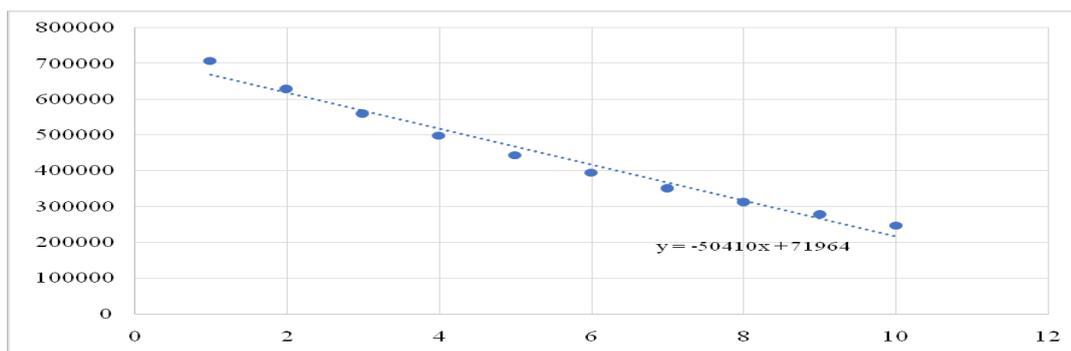
Fonte: elaboração do autor.

O segundo cenário é uma estimativa de RAP com a tecnologia MEOR prevendo-se fator de recuperação de 10%. A correlação entre o ciclo de vida do campo e receitas é 0,9894417 e a equação de regressão é $Y = -45827x + 654220$, como mostram a Tabela 18 e o gráfico da Figura 33.

Tabela 18 - Estimativa de receita anual de petróleo recuperado, com MEOR (10%)

Ano	Volume de óleo (barris)	M ³	Receita (US)
1	10.101,3	1.460	US\$707.091,00
2	8990,3	1.299	US\$629.321,00
3	8001,4	1.156	US\$560.098,00
4	7121,4	1.029	US\$498.498,00
5	6338,2	916	US\$443.674,00
6	5640,8	815	US\$394.856,00
7	5021,5	726	US\$351.505,00
8	4468,2	646	US\$312.774,00
9	3976,5	575	US\$278.355,00
10	3538,7	512	US\$247.709,00

Fonte: elaboração do autor.

Figura 33 - Comportamento da vida útil do campo e receita de venda, com MEOR (10%)

Fonte: elaboração do autor.

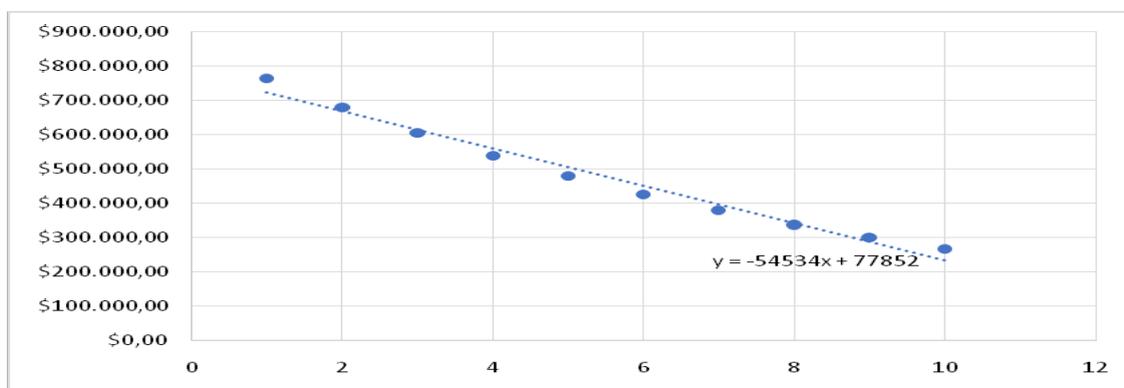
O terceiro cenário é uma projeção de RAP de 19% em relação ao primeiro cenário. A correlação é igual a -0,989442 e a equação de regressão é $y = -54534x + 778522$, como mostram a Tabela 19 e o gráfico da Figura 34.

Tabela 19 - Estimativa de receita anual de petróleo recuperado, com MEOR (19%)

Ano	Volume de óleo (barris)	M ³	Receita (US)
1	10.927,77	1.460	US\$764.943,90
2	9.725,87	1.299	US\$680.810,90
3	8.656,06	1.156	US\$ 605.924,20
4	7.704,06	1.029	US\$539.284,20
5	6.856,78	916	US\$479.974,60
6	6.102,32	815	US\$427.162,40
7	5.432,35	726	US\$380.264,50
8	4.833,78	646	US\$338.364,60
9	4.301,85	575	US\$301.129,50
10	3.828,23	512	US\$267.976,10

Fonte: elaboração do autor.

Figura 34 - Comportamento da vida útil do campo e receita de venda, com MEOR (19%)



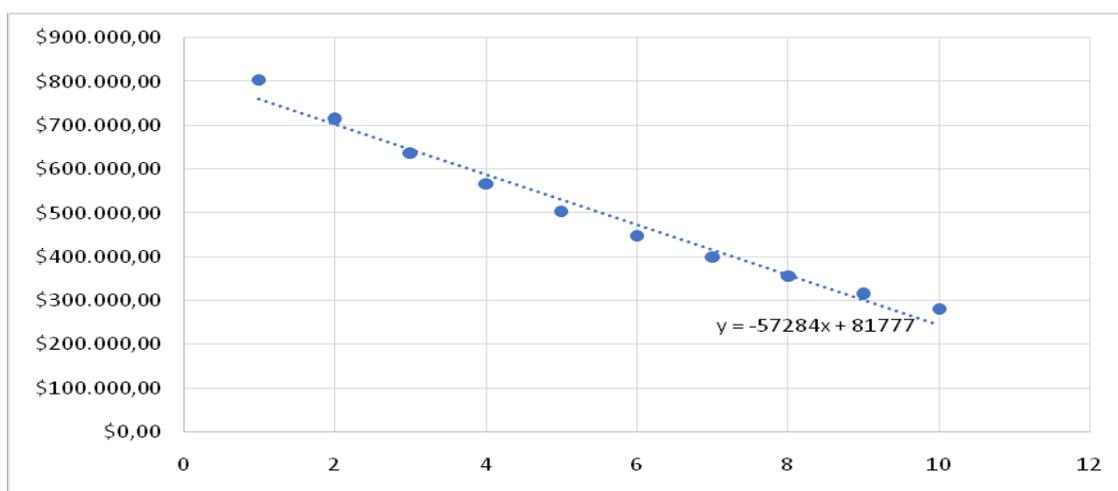
Fonte: elaboração do autor.

O quarto cenário é uma projeção de RAP de 25% em relação ao primeiro cenário, com MEOR. A correlação é igual a -0,9894417 e a equação de regressão é $y = -59575x + 850486$, como mostram a Tabela 20 e o gráfico da Figura 35.

Tabela 20 - Comportamento da vida útil do campo e receita de venda, com MEOR (25%)

Ano	Volume de óleo (barris)	M ³	Receita (US\$)
1	11.478,75	1.460	US\$ 803.512,50
2	10.216,25	1.299	US\$ 715.137,50
3	9.092,50	1.156	US\$ 636.475,00
4	8.092,50	1.029	US\$ 566.475,00
5	7.202,50	916	US\$ 504.175,00
6	6.410,00	815	US\$ 448.700,00
7	5.706,25	726	US\$ 399.437,50
8	5.077,50	646	US\$ 355.425,00
9	4.518,75	575	US\$ 316.312,50
10	4.021,25	512	US\$ 281.487,50

Fonte: elaboração do autor.

Figura 35 - Comportamento da vida útil do campo e receita de venda, com MEOR (25%)

Fonte: elaboração do autor.

Quadro 37 - Resumo da correlação e regressão para os cenários tecnológicos

Cenários	Tecnologia	Fator de Recuperação	Coefficiente de Correlação	Interpretação de r	Equação de valor
1	Injeção de água		- 0,98944	Negativo e muito forte	$y = -45827x + 654220$
2	MEOR	10 %	- 0,9894417		$y = -50410x + 719642$
3		19%	- 0,989442		$y = -54534x + 778522$
4		30%	- 0,9894417		$y = -59575x + 850486$

Fonte: elaboração do autor.

Para o cálculo do valor da tecnologia, aplicam-se às equações de regressão – que são as fórmulas de valoração – relativas aos cenários 3 e 4 o nível de desenvolvimento real das tecnologias MEOR PWX-BA2021 e SXG-BA2021. Seguindo a tabela de resumo de

correlação e regressão, observa-se que cada cenário tem uma fórmula de valoração específica. Portanto, com base na seção 5.2, os fatores de recuperação de petróleo com a aplicação das tecnologias MEOR PWX-BA2021/SXG-BA2021 podem atingir 19% e 25 respectivamente.

- **Cenário aplicação da tecnologia em estágio terciário: Fator de recuperação 19%**

Cálculo do Valor *up front*

$$y = -54534x + 778522$$

y: valor *up front*

x: valor TRL correspondente ao grau de desenvolvimento das tecnologias MEOR PWX-BA2021 e SXG-BA2021 (Quadro 36 – Matriz de Distribuição GD-TRL).

$$y = -54534(6,03) + 778522$$

$$y = \text{US\$ } 611,836.05$$

Cálculo do Valor da tecnologia (cessão ou venda da tecnologia)

$$VT = \textit{up front} . \textit{média de vida útil da tecnologia}$$

$$VT = \text{US\$ } 611,836.05 \times 10,36 \text{ anos}$$

$$VT = \text{US\$ } 6,338.621.48$$

Taxa de royalties: 5% (Brasil, 1958).

- **Cenário Aplicação da tecnologia em estágio secundário: Fator de recuperação 25%**

Cálculo do Valor *up front*

$$y = -59575x + 850486$$

$$y = -59575(6,03) + 850486$$

$$y = \text{US\$ } 662,824.75$$

Cálculo do Valor da tecnologia (cessão ou venda da tecnologia)

$$VT = \text{US\$ } 662,824.75 \times 10,36 \text{ anos}$$

$$VT = \text{US\$ } 6,866.864.41$$

Taxa de royalties: 5% (Brasil, 1958).

7.3 Conclusão do Capítulo

Neste capítulo tem-se a realização da última etapa da pesquisa com a aplicação do método do método quantitativo de valoração tecnológica proposto na tecnologia MEOR PWX-BA2021 e SXG-BA2021, em dois cenários.

O pressuposto de que o grau de desenvolvimento tecnológico teria influência importante no valor monetário da tecnologia em análise, com efeitos reflexos, é testado pela aplicação de um modelo híbrido de valoração monetária – e se confirma. Dessa forma, o objeto principal de análise são os fatores *capacidade técnica* e *empreendedora* dos pesquisadores envolvidos, potencial de inovação e comercialização da tecnologia.

Toma-se como ponto de partida o método TRL, criado pela NASA em 1974 para a avaliação da capacidade tecnológica de suas tecnologias para entrarem em operação. A abordagem da TRL é utilizada com recorrência em trabalhos anteriores de várias áreas do conhecimento. Apesar da sua importância, esse método de avaliação de maturidade tecnológica é restrito, por desconsiderar outras variáveis além da capacidade tecnológica; devido às características peculiares da tecnologia MEOR, recorre-se a uma análise do seu nível de desenvolvimento pela perspectiva do modelo proposto, mas mantendo associação com a TRL por sua contribuição validada na formação do conhecimento. Assim, é possível constatar a influência combinada de variáveis relacionadas ao mercado e à capacidade técnica e empreendedora dos membros da equipe responsável pelo desenvolvimento da tecnologia.

O modelo inclui ao mesmo tempo um sistema de pontuação e classificação dos fatores e seus subfatores, os quais ajudam a identificação do nível de desenvolvimento atual da tecnologia, com efeitos reflexos no valor monetários. São três os indicadores: taxa de acesso à tecnologia ou *up front*, taxa de *royalty* e valor da tecnologia. Quanto à robustez, o modelo TVT é associado ao método AHP e a técnicas estatísticas descritivas de correlação e regressão linear.

Os resultados comprovam, de maneira geral, o pressuposto do estudo de que o nível de desenvolvimento tecnológico tem impacto importante sobre o valor monetário da tecnologia MEOR PWX-BA2021 e SXG-BA2021. Ressalta-se que se trata de um valor de referência para embasar possíveis negociações de transferências. O nível de detalhamento do método permite, também, a obtenção de *insights*, os quais dificilmente seriam adquiridos em métodos de abordagem financeira e contábil.

Os resultados obtidos com os quatro experimentos (cenários) demonstram que a introdução da tecnologia MEOR no sistema de produção petrolífero em um campo maduro com viabilidade econômica beneficia significativamente a recuperação precoce e tardia de petróleo tanto por aumento de produção e receita quanto pelo ciclo de vida do reservatório.

Observa-se que as conclusões expostas dependem essencialmente dos parâmetros envolvidos e seus respectivos valores. Desse modo, quanto mais próximo da maturidade o nível de desenvolvimento da tecnologia estiver, maior valor de referência seria associado.

Verifica-se que a manutenção dos custos observados no experimento 1, com a utilização de injeção de água, não impede os ganhos econômicos nos demais experimentos.

Em que pese a classificação e pontuação dos fatores serem critérios subjetivos inerentes aos métodos monetários de valoração, os resultados da aplicação do Modelo TVT para a valoração da tecnologia MEOR demonstram que é possível utilizá-lo como ferramenta no processo de mensuração de valores de referência para apoiar negociação de transferência de tecnologia. A eliminação – ou redução ao menor nível – das subjetividades decorre da utilização de informações para fundamentar a análise.

Por fim, fica evidente que o modelo atende ao objetivo estabelecido de modo robusto e confiável, definido de maneira científica por meio de técnicas estatísticas.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O foco escolhido para este trabalho foi a valoração monetária de novas tecnologias oriundas de universidade pública de países em desenvolvimento, a partir de uma abordagem multidimensional. Trata-se de um tema relativamente novo, sobretudo porque considerar que diferentes aspectos associados a uma determinada tecnologia afeta o seu valor de negociação comercial para transferência entre a universidade que a desenvolveu e a empresa interessada em adquiri-la.

Embora exista uma variedade de métodos/modelos para a valoração de tecnologias, nenhum é considerado aceito para aplicação em vários casos sem, no mínimo, serem adaptados. Os estudos exploratórios apontaram que a aplicação de uma modelo de valoração depende do contexto, dos aspectos técnicos, científicos e de mercado da tecnologia. Dentre a variedade de métodos existentes, observou-se a predominância do uso dos convencionais, principalmente os que se baseiam em fluxo de caixa descontado. Contudo, não significa que são capazes de mensurar o valor da tecnologia ou outro do ativo intangível. Apesar do reconhecimento da importância dos ativos intangíveis para as empresas e do aumento de avaliação de tecnologias, a utilização de modelos híbridos praticamente ainda é insignificante porque esses integram as abordagens de pontuação, classificação e monetária.

Os modelos híbridos em geral, conhecidos durante a revisão da literatura, prestam-se, ao mesmo tempo, à análise/avaliação qualitativa da tecnologia e à valoração monetária propriamente dita. Esses modelos são o mais recente avanço na área. Seu elevado grau de detalhamento das dimensões da tecnologia em questão permite captar efeitos que dificilmente poderiam ser observados por meio apenas de métodos tradicionais com base em custos ou receitas de vendas.

Essa vantagem, entretanto, consiste em um desafio, pois os ativos intangíveis envolvem elevado grau de complexidade, assim como é também o processo de valoração. Portanto, modelar minimamente a valoração multidimensional requer, invariavelmente, um modelo com muitas informações qualitativas e quantitativas, mesmo que se restrinja o número de categorias de fatores e critérios em análise. O grau de consistência interna do modelo requerida por tais categorias exige compatibilidade entre os fluxos considerados na análise, cria interrelações e estabelece condições de impactos no valor da tecnologia.

Os modelos híbridos – baseados em pontuação, classificação e monetização – requerem uma quantidade muito grande de informações para serem implementados, principalmente porque os ativos intangíveis são considerados complexos. A maioria dos

parâmetros do problema de avaliação e valoração são normalizados a partir de pesos, conforme descrição dos procedimentos no Capítulo 5. Possivelmente, seja esse o motivo pelo qual esse tipo de modelo é pouco utilizado no Brasil, como evidente na revisão da literatura a respeito dos métodos de valoração.

A utilização de um modelo híbrido de valoração exige, dessa forma, um esforço significativo no que tange tanto à sua elaboração lógica quanto à sua viabilização empírica. São modelos que devem evoluir, embora a versão seja compatível para inovações tecnológicas de processo ou de produto, radical ou incremental. A integração de Métodos de Decisão Multicritério (MDC) ao modelo híbrido de valoração aplicado nesta tese reduz o grau de subjetividade tanto dos especialistas no julgamento quanto do analista na pontuação dos fatores que influenciam o valor da tecnologia, o que por consequência evita possíveis distorções nos resultados.

Ante o exposto, o objetivo geral do presente trabalho estabelecido foi propor e aplicar um modelo de valoração monetária de tecnologias microbianas para a recuperação avançada de petróleo, desenvolvidas em ambientes de sistema de inovação, no Brasil, formado por universidade pública, empresa e governo.

No presente caso, utilizou-se o método AHP. Outro aspecto importante para o uso do modelo proposto é a necessidade de uma ferramenta computacional, que no caso presente foram planilhas eletrônicas modulares, as quais se pretende converter para um *software*, o que não foi possível para a presente tese por motivo de tempo para cumprimento do prazo para conclusão do doutoramento.

O modelo proposto e aplicado visa a transparência e rastreabilidade do processo de valoração. A aplicação do modelo associa o valor monetário de tecnologias à maturidade tecnológica, com base na escala TRL. No entanto, o processo de valoração em universidades de PD&E deve considerar outras variáveis de como seus pesquisadores interagem com a dimensão PD&I da instituição e a forma como empregam suas capacidades técnicas e empreendedoras. As Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICT) são organizações complexas, com procedimentos e resultados esperados definidos em legislação.

Enfim, a utilização e estudo intensivos são capazes de ressaltar os pontos fortes e fracos dos modelos híbridos, ou multidimensionais, de valoração, de modo que novas formulações teóricas – a exemplo de funções econométricas e regressões múltiplas para as fórmulas para o cálculo do valor da tecnologia – devam ser incorporados para garantir o aprimoramento contínuo.

Este trabalho proporcionou o melhor entendimento do que é uma valoração de tecnologia decorrente de um projeto de PD&I desenvolvido em uma ICT localizada em um país em desenvolvimento, em fase de validação de protótipo finalizada, conforme escala da TRL e com patente requerida ao INPI. Ressalta-se que em PD&E, é comum a realização de transferências de tecnologias antes de atingirem o nível de prontidão (Oliveira, 2020).

Como conclusão, observa-se, principalmente, que:

- (i) a determinação do Grau de Desenvolvimento da tecnologia, o parâmetro central no modelo, precisa de julgamentos subjetivos de especialistas, como recomendam Park, Y e Park, G (2004), Razgaitis (2007) e Oliveira (2020) e posteriormente ponderados por pesos. A consulta a especialistas é a solução adequada para solucionar esse problema, que é próprio do modelo e, dessa forma, diminuir o grau de incerteza na estimativa daqueles fatores;
- (ii) os resultados obtidos neste trabalho reafirmam a confiabilidade do método TVT para ser utilizado na mensuração de valores de referência de tecnologias MEOR, sendo atendida a sua complexidade. Entretanto, o valor real da tecnologia somente se conhece após a comercialização no mercado, conforme seja a negociação com a parte interessada no ativo;
- (iii) O modelo foi validado por NITs de universidades do Estado de Minas Gerais, como afirma Oliveira (2020, p.152). Para a tecnologia MEOR não houve validação;

Dessa maneira, a valoração multidimensional de tecnologias MEOR não deve desconsiderar o seu nível de desenvolvimento – mensurado a partir da análise dos potenciais de inovação e de comercialização da tecnologia – e da capacidade técnica e empreendedora dos pesquisadores envolvidos no projeto de PD&I.

Por fim, sugere-se novas pesquisas com os seguintes objetivos: (a) inclusão de um módulo de validação ou aplicar a abordagem de custo e de mercado para obter valores de referência visando compará-los com o valor apresentado neste trabalho; (b) utilização de diferentes Métodos de Decisão Multicritério como a Lógica *Fuzzy* e o AHP Gaussiano, em substituição ao AHP; (c) considerando-se a subjetividade no julgamento e na pontuação dos fatores que influenciam o valor da tecnologia, a inclusão de algum modelo matemático para prever as incertezas aperfeiçoaria o modelo; (d) aplicação do modelo para outras tecnologias MEOR que estejam em diferentes níveis de desenvolvimento, inclusive em teste em campo.

O ideal seria utilizar os dados para uma empresa disposta a adotar a tecnologia, pois a capacidade de produção, o investimento, os custos e as despesas necessárias para reativar o

funcionamento do campo variam de acordo com a estrutura existente, o planejamento, as características do campo e do óleo. Todavia, os resultados indicam que a tecnologia tem potencial mercadológico, bem como a eficácia e o alcance do método propostos.

REFERÊNCIAS

- ANP. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. **Plano de trabalho de projeto**: alternativas biotecnológicas sustentáveis para aumento do fator de recuperação de petróleo de reservatórios carbonáticos. Brasília: ANP, 2016. (Parte A).
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS - ANP. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. Rio de Janeiro: ANP, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2021/anuario-2021.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2022.
- AGUIAR, G. A.; TORTOLI, J. P.; FIGARI, A. K. P.; PIMENTA JÚNIOR, T. Analysis of the influence of intangible assets on the performance of brazilian companies. **Revista de Administração da UFSM**, v. 14, n. 4, p. 907-931, dez. 2021. DOI: 10.5902/1983465944075. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reaufsm/a/9T79XDwX3CsRvYcRzN9wFtw/>. Acesso em: 12 jun. 2021.
- AL-SALIM, H. S.; KELECHUKWU, E. M. **Improving oil recovery through microbial enhanced technique**: the future and challenges. Berlim: Researchgate, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/291523601>. Acesso em: 21 jan. 2021.
- AL-SULAIMANI, H. *et al.* Microbial biotechnology for enhancing oil recovery: current developments and future prospects. **Biotechnology, Bioinformatics and Bioengineering**, v. 1, n. 2, p. 147-158, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/221671137_Microbial_biotechnology_for_enhancing_oil_recovery_Current_developments_and_future_prospects. Acesso em: 6 nov. 2021.
- ALBARELLO, E. B. **Valoração da inovação tecnológica nos projetos de pesquisa e desenvolvimento**: aplicação de um modelo para o setor elétrico brasileiro. 2016. 119 f. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNICAMP-30_d33a2be3f155761bd92748bc6c378265. Acesso em: 21 jul. 2019.
- ALGHAMDI, M. S.; DURUGBO, C. M. Strategies for managing intellectual property value: a systematic review. **World Patent Information**, Oxford, v. 67, n. 19, 102080, Dec. 2021. DOI: 10.1016/j.wpi.2021.102080. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0172219021000570?via%3Dihub>. Acesso em: 22 fev. 2022.
- ALMEIDA, A. T. de. **Processo de decisão nas organizações**: construindo modelos de decisão multicritério. São Paulo: Atlas, 2013.
- ALMEIDA, R. L.; MARICATO, J. M. Explorando conceitos e métricas de inovação no contexto das universidades. **Informação & Informação**, v. 26, n. 2, p. 646-679, abr./jun. 2021. DOI: 10.5433/1981-8920.2021v26n2p646. 2021. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/informacao>. Acesso em: 14 dez. 2022.

AMARAL, H. F. *et al.* Avaliação de ativos intangíveis: modelos alternativos para determinação do valor de patentes. *Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade*, v. 4, n. 1, p. 123-143, jan./abr. 2014.

ANDRADE, R. P. de. A construção do conceito de incerteza: uma comparação das contribuições de Knight, Keynes, Shackle e Davidson. *Nova Economia*, v. 21, n. 2, p. 171-195, maio/ago. 2011. DOI: 10.1590/S0103-63512011000200001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/neco/a/PmjY7tBBLVwyX6HbGXh8KGB/>. Acesso em: 21 fev. 2023.

ARANTES, R. *et al.* Ativos e passivos intangíveis: uma análise da rentabilidade e produtividade das empresas de capital aberto listadas no Brasil. *Sociedade, Contabilidade e Gestão*, v. 15, n. 2, p. 64-82, maio/ago. 2020. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/scg/article/view/29449>. Acesso em: 8 ago. 2022.

ARAÚJO, M. H. *et al.* “Spin-off” acadêmico: criando riquezas a partir de conhecimento e pesquisa. *Química Nova*, v. 28, supl., p. 26-35, 2005. DOI: 10.1590/S0100-40422005000700006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/7VckBG9SNwYjBCQ6g9Ym65F/>. Acesso em: 13 dez. 2022.

ARAÚJO, N. L. *Multilateralismo e propriedade intelectual*: inserção ativa do Brasil no cenário internacional. 2010. 122f. Tese (Doutorado em Direito) – Programa de Pós-graduação em Direito, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

ARGOTE, L.; GUO, J.; PARK, S.-S.; HAHN, O. The mechanisms and components of knowledge transfer: the virtual special issue on knowledge transfer within organizations. *Organization Science*, v. 33, n. 3, p. 1232-1249, 2022. DOI: 10.1287/orsc.2022.1590. Acesso em: 21 maio 2023.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: an R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017. DOI: 10.1016/j.joi.2017.08.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1751157717300500>. Acesso em: 4 jul. 2022.

ARIAS-BELLO, M. L.; SÁNCHEZ-SERNA, A. Valuación de activos: una mirada desde las normas internacionales de información financiera, los estándares internacionales de valuación y el contexto actual colombiano. *Cuadernos de Contabilidad*, v. 12, n. 30, p. 95-126, enero/jun. 2011. Disponível em: http://www.javeriana.edu.co/fcea/cuadernos_contab/vol12_n_30/vol12_30_4.pdf. Acesso em: 8 ago. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *ABNT NBR ISO 16290*: definição dos níveis de maturidade da tecnologia (TRL) e de seus critérios de avaliação. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

AYRES, R. M. S. M.; POPADIUK, S. Knowledge transfer, Learning and Organizational Capabilities in an inter-organizational software Project. *O&S*, Salvador, v. 23, n. 79, p. 553-570, out./dez. 2016. DOI: 10.1590/1984-9230792. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/osoc/a/yW5xRQnQdBsnG59sHPK4tYk/>. Acesso em: 21 maio 2023.

- AZHAR, N. A.; RADZI, N. A. M.; WAN AHMAD, W. S. H. M. Multi-criteria decision making: a systematic review. *Recent Advances in Electrical & Electronic Engineering*, v. 14, n. 8, p. 779-801, 2021. DOI: 10.2174/2352096514666211029112443. Disponível em: <https://www.eurekaselect.com/article/118613>. Acesso em: 6 maio 2023.
- BAEK, D. H.; SUL, W.; HONG, K. P.; KIM, H. A technology valuation model to support technology transfer negotiations. *R&D Management*, v. 37, n. 2, p. 123-138, 2007. DOI: 10.1111/j.1467-9310.2007.00462.x. Disponível em: <https://journals.pan.pl/Content/119523/art08.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2021.
- BANERJEE, A.; BAKSHI, R.; SANYAL, M. K. Valuation of patent: a classification of methodologies. *Research Bulletin*, v. 42, n. 4, p. 158-174, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/316597151>. Acesso em: 7 jul. 2021.
- BAPTISTA, R. A. *Inovação nos produtos, processos e organizações*. Porto: Sociedade Portuguesa de Inovação, 1999.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011. 279 p.
- BARNEY, J. Firm Resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, v. 17, n. 1, p. 99-120, 1991. DOI: 10.1177/014920639101700108. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/014920639101700108>. Acesso em: 8 ago. 2022.
- BAZERMAN, M. H.; SCHOORMAN, F. D. A limited rationality model of interlocking directorates. *Academy of Management Review*, v. 8, n. 2, p. 206-217, 1983. DOI: 10.5465/amr.1983.4284723. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/257747>. Acesso em: 13 abr. 2020.
- BECKMAN, J. W. The action of bacteria on mineral oil. *Industrial and Engineering Chemistry, News Edition*, v. 4, 1926.
- BECKER, G. S. Preface. In: BURTON-JONES, A.; SPENDER, J. C. (eds.). *The Oxford handbook of human capital*. Oxford: Oxford University, 2011. p. 13-16. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199532162.002.0009. Acesso em: 17 fev. 2022.
- BIGLIARDI, B.; FERRARO, G.; FILIPPELLI, S.; GALATI, F. The influence of open innovation on firm performance. *International Journal of Engineering Business Management*, v. 12, p. 1-14, 2020. DOI: 10.1177/1847979020969545. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1847979020969545>. Acesso em: 13 jun. 2022.
- BLAIR, M.; HOFFMAN, G.; TAMBURRO, S. *Clarifying intellectual property rights for the new economy*. Washington, D.C: Georgetown University Law Center, 2001. (Working Paper Series in Business, Economics, and Regulatory Law Working Paper n.º. 274038). Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=274038. Acesso em: 8 ago. 2022.
- BOCHAŃCZYK-KUPKA, D. Intellectual property as intangible good. *Economics and Law*, v. 18, n. 2, p. 123-131, June 2019. DOI: 10.12775/EiP.2019.010. Disponível em: www.economicsandlaw.pl. Acesso em: 8 ago. 2022.

BOCK, C.; LANDAU, C.; ORENDT, M.; SCHMIDT, M. Are public financing schemes beneficial for university spin-offs and the technology transfer of innovations? *International Journal of Innovation Management*, v. 22, n. 6, p. 1-30, 2018. DOI: 10.1142/s136391961850052. Disponível em: <https://www.worldscientific.com/doi/epdf/10.1142/S1363919618500524>. Acesso em: 13 dez. 2022.

BODE, A. *et al.* Process technology licensing: an interface of engineering and business. *Computer Aided Chemical Engineering*, v. 37, 2015, p. 93-100. 2015. DOI: 10.1016/b978-0-444-63578-5.50012-8.

BOER, F. P. *Technology valuation solutions*. New York: John Wiley & Sons, 2004.

BOER, F. P. *The valuation of technology*: business and financial issues in R&D. New York: John Wiley & Sons, 1999. 46p.

BORGES, R. E. P. *Método Fuzzy Payoff modificado para valoração de opções reais com aplicação em abandono de campos de petróleo*. 2019. 57 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Petróleo) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

BOZEMAN, B. Technology transfer and public policy: a review of research and theory. *Research Policy*, v. 29, n. 4-5, p. 627–655, 2000. DOI: 10.1016/S0048-7333(99)00093-1. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733399000931>. Acesso em: 21 jan. 2022.

BP. *Statistical review of world energy*. 70th edition. London: BP, 2021. Disponível em: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Fazenda. *Portaria nº 436/58, de 30 de dezembro de 1958*. Estabelece coeficientes percentuais máximos para a dedução de Royalties, pela exploração de marcas e patentes, de assistência técnica, científica, administrativa ou semelhante, amortização, considerados os tipos de produção, segundo o grau de essencialidade. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/contratos-de-tecnologia-e-de-franquia/arquivos/legislacao-transferencia-de-tecnologia/portaria436.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2023.

BRASIL. *Decreto nº 9.283, de 7 de fevereiro de 2018*. Regulamenta a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, a Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016, o art. 24, § 3º, e o art. 32, § 7º, da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, o art. 1º da Lei nº 8.010, de 29 de março de 1990, e o art. 2º, caput, inciso I, alínea “g”, da Lei nº 8.032, de 12 de abril de 1990, e altera o Decreto nº 6.759, de 5 de fevereiro de 2009, para estabelecer medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, com vistas à capacitação tecnológica, ao alcance da autonomia tecnológica e ao desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional. Brasília: Presidência da República, 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9283.htm. Acesso em: 17 dez. 2022.

BRASIL. *Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996*. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Brasília: Presidência da República, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19279.htm. Acesso em: 5 out. 2021.

BRASIL. *Lei nº 10.973, de 02 de dezembro de 2004*. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2004. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2004/lei-10973-2-dezembro-2004-534975-publicacaooriginal-21531-pl.html>. Acesso em: 13 jan. 2022.

BRESCHI, S.; LISSONI, F.; MONTOBBIO, F. University patenting and scientific productivity: a quantitative study of Italian academic inventors. *European Management Review*, v. 5, p. 91-109, 2008. DOI: 10.1057/emr.2008.9. Disponível em: <https://ideas.repec.org/p/cri/cespri/wp189.html>. Acesso em: 5 ago. 2022.

BROWN, L. R. Microbial enhanced oil recovery (MEOR). *Current Opinion in Microbiology*, v. 13, n. 3, p. 316-320, 2010. DOI: 10.1016/j.mib.2010.01.011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369527410000160>. Acesso em: 25 abr. 2020.

BROWN, R. Mission impossible? Entrepreneurial universities and peripheral regional innovation systems. *Industry and Innovation*, v. 23, n. 2, p. 189-205, 2016. DOI: 10.1080/13662716.2016.1145575. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13662716.2016.1145575>. Acesso em 26 dez. 2022.

BROWN, T. C. The concept of value in resource allocation. *Land Economics*, v. 60, n. 3, p. 231-246, Aug. 1984. DOI: 10.2307/3146184. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3146184>. Acesso em: 12 jul. 2022.

BRYANT, R. S.; BURCHFIELD, T. E. Review of Microbial Technology for Improving Oil Recovery. *SPE Reservoir Engineering*, v. 4, n. 2, p. 151-154, 1989. doi:10.2118/16646-PA. Disponível em: <https://onepetro.org/RE/article-abstract/4/02/151/76492/>. Acesso em: 21 out. 2023.

CABRERA, E. A. M.; ARELLANO, A. A. Technology valuation at universities: difficulties and proposals. *Contaduría y Administración*, v. 64, n. 1, p. 1-17, 2019. DOI: 10.22201/fca.24488410e.2019.1811. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/nax/conyad/v64y2019i1p55-56.html>. Acesso em: 5 ago. 2021.

CAI, Y.; Etkowitz, Theorizing the Triple Helix model: Past, present, and future. *Triple Helix journal*, p. 1-38, 2020. DOI: 10.1163/21971927-bja10003. Disponível em: https://brill.com/view/journals/thj/7/2-3/article-p189_4.xml?ebody=pdf-96202. Acesso em: 5 set 2020.

CANNON, K. C.; BREEN, M. P. Organic process technology valuation: cyclohexanone oxime syntheses. *Journal of Chemical Education*, v. 87, n. 1, p. 66-68, 2010. DOI: 10.1021/ed800006a. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=770>. Acesso em: 17 abr. 2023.

CARVALHO, M. M.; FLEURY, A.; LOPES, A. P. An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): contributions and trends. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 80, n. 7, p. 1418-1437, 2013. DOI: 10.1016/j.techfore.2012.11.008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162512002934>. Acesso em: 22 dez. 2022.

CHAI, C.; GANZER, P.; OLEA, P. M. Technology transfer between universities and companies two cases of Brazilian universities. *Innovation & Management Review*, v. 15, n. 1, p. 20-40, 2018. DOI: 10.1108/INMR-02-2018-002. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/INMR-02-2018-002/full/html>. Acesso em: 13 jan. 2023.

CHEIB, S. A.; RAPINI, M. S.; MEDEIROS, J. C. C. Uma proposta de arranjo institucional para a transferência e licenciamento de tecnologia entre TICs e pequenas empresas. *Revista Pymes, Innovación y Desarrollo*, v. 8, n. 2, p. 52-71, 2020. Disponível em: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/pid/article/view/31372>. Acesso em: 23 maio 2023.

CHENG, A. C. A fuzzy multiple criteria comparison of technology valuation methods for the new materials development. *Technological and Economic Development of Economy*, v. 19, n. 3, p. 397-408, 2013. DOI: 10.3846/20294913.2013.821687. Disponível em: <https://journals.vilniustech.lt/index.php/TEDE/article/view/4263>. Acesso em: 26 abr. 2023.

CHESBROUGH, H. Open innovation: a new paradigm for understanding industrial innovation. In: CHESBROUGH, H.; VANHAVERBEKE, W.; WEST, J. *Open innovation: researching a new paradigm*. Oxford: Oxford University Press, 2006. p. 1-12.

CHESBROUGH, H. W. The era of open innovation. *MIT Sloan Management Review*, v. 44, n. 3, p. 35-41, 2003.

CHIESA, V. *et al.* Searching for factors influencing technological asset value. *European Journal of Innovation Management*, v. 10, n. 4, p. 467-488, 2007. DOI: 10.1108/14601060710828781. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/14601060710828781/full/html>. Acesso em: 21 dez. 2022.

CHIESA, V.; GILARDONI, E.; MANZINI, R.; PIZZURNO, E. Determining the value of intangible assets: a study and an empirical application. *International Journal of Innovation and Technology Management*, v. 5, n. 1, p. 123-147, 2008.

CHIESA, V.; GILARDONI, E.; MANZINI, R. The valuation of technology in buycooperate-sell decision. *European Journal of Innovation Management*, v. 8, n. 2, p. 157-181, 2005. DOI: 10.1108/14601060510594710. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/14601060510578556/full/html>. Acesso em: 22 mar. 2021.

CHIU, Y. J.; CHEN, Y. W. Using AHP in patent valuation. *Mathematical and Computer Modelling*, v. 46, n. 7-8, p. 1054-1062, 2007. DOI: 10.1016/j.mcm.2007.03.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895717707000854>. Acesso em: 12 jul. 2022.

CHO, J.; LEE, J. Development of a new technology product evaluation model for assessing commercialization opportunities using Delphi method and fuzzy AHP approach. *Expert Systems With Applications*, v. 40, n. 13, p. 5314-5330, 2013. DOI: 10.1016/j.eswa.2013.03.038. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095741741300225X>. Acesso em: 26 abr. 2023.

CHO, D.; CHOI, G. Simple numeric model to compute technology-contribution factor for the technology valuation. In: PICMET, 11., 2011, Portland. *Proceedings* [...]. Portland, 2011. p. 1-5. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6017670>. Acesso em: 13 jan. 2023.

CRICELLI, L.; GRECO, M.; GRIMALDI, M.; DUEÑAS, L. P. L. Intellectual capital and university performance in emerging countries: evidence from Colombian public universities. *Journal of Intellectual Capital*, v. 19, n. 1, p. 71-95, 2018. DOI: 10.1108/JIC-02-2017-0037. Disponível em: <https://fardapaper.ir/mohavaha/uploads/2019/07/Fardapaper-Intellectual-capital-and-university-performance-in-emerging-countries.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2022.

COLOMBELLI, A. *et al.* University technology transfer and the evolution of regional specialization: the case of Turin. *The Journal of Technology Transfer*, v. 46, p. 933-960, 2021. DOI: 10.1007/s10961-020-09801-w. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10961-020-09801-w>. Acesso em: 13 jan. 2023.

COMITÊ DE PRONUNCIAMENTOS CONTÁBEIS - CPC. *Pronunciamento técnico CPC 04 (R1)*: ativo intangível. Brasília: CPC, 2010. 38 p. Disponível em: <http://www.cpc.org.br/CPC/Documentos-Emitidos/Pronunciamentos/Pronunciamento?Id=35>. Acesso em: 11 ago. 2022.

CONCEIÇÃO, C. S.; FARIA, L. A. E. Padrões históricos da mudança tecnológica e ondas longas do desenvolvimento capitalista. In: DATHEIN, R. (org.). *Desenvolvimentismo: o conceito, as bases teóricas e as políticas*. Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 223-255. DOI: 10.7476/9788538603825. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/8m95t/epub/dathein-9788538603825.epub>. Acesso em: 8 jan. 2023.

CORDEIRO, A. M.; OLIVEIRA, G. M.; RENTERÍA, J. M.; GUIMARÃES, C. A. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, v. 34, n. 6, p. 428-431, nov. 2007. DOI: 10.1590/S0100-69912007000600012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcbc/a/CC6NRNtP3dKLgLPwecgmV6Gf/#>. Acesso em: 1 dez. 2022.

CRICELLI, L.; GRECO, M.; GRIMALDI, M.; LLANES DUEÑAS, L. P. Intellectual capital and university performance in emerging countries. *Journal of Intellectual Capital*, v. 19, n. 1, p. 71-95, 2018. DOI: 10.1108/JIC-02-2017-0037. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JIC-02-2017-0037/full/html>. Acesso em: 2 ago. 2022.

CULÍK, D. Flexible technology valuation to switch between operating modes: real option approach. In: **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE MANAGING AND MODELLING OF FINANCIAL RISKS**, 6., 2012, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2012. p. 88-101. Disponível em: <https://adoc.pub/flexible-technology-valuation-to-switch-between-operating-mo.html>. Acesso em: 8 nov. 2023.

CUNNINGHAM, J. A.; LEHMANN, E. E.; MENTER, M.; SEITZ, N. The impact of university focused technology transfer policies on regional innovation and entrepreneurship. *The Journal of Technology Transfer*, v. 44, p. 1451-1475, 2019. DOI: 10.1007/s10961-019-09733-0. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10961-019-09733-0>. Acesso em: 13 jan. 2023.

DALKIR, K. *Knowledge management in theory and practice*. London: Elsevier, 2005.

DAMODARAN, A. *Avaliação de empresas*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

DAWSON, P. C. Royalty rate determination. *Journal of Business Valuation and Economic Loss Analysis*, v. 8, n. 1, p. 133-161, 2013. DOI: 10.1515/jbvela-2013-0003. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2284708. Acesso em: 12 jun. 2022.

DE FREITAS D., S. del C. Valoración de activos intangibles basados en la metodología de opciones reales para evaluar inversiones tecnológicas. *Actualidad Contable Faces*, v. 24, n. 42, p. 36-94, 2021. DOI: 10.53766/ACCON/2021.42.02. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25767348003>. Acesso em: 19 abr. 2023.

DEMAIN, A. L. Microbial biotechnology. *Tibtech*, v. 18, n. 1, p. 26–31, 2000. doi:10.1016/s0167-7799(99)01400-6. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/biotechnology/fulltext/S0167-7799\(99\)01400-6](https://www.cell.com/trends/biotechnology/fulltext/S0167-7799(99)01400-6). Acesso em: 21 out. 2023.

DEVORE, J. L. *Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

DISSEL, M. C.; PROBERT, D. R.; MITCHELL, R. From gut feel to educated approximations: towards an integrated approach for technology valuation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY MANAGEMENT, 8., 2008, Portland. *Proceedings* [...]. Portland: IEEE, 2008. DOI: 10.1109/PICMET.2008.4599828. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4599828>. Acesso em: 19 abr. 2023.

DISSEL, M.; FARRUKH, C.; PROBERT, D.; PHAAL, R. Evaluating early stage technology valuation methods; what is available and what really matters. In: INTERNATIONAL ENGINEERING MANAGEMENT CONFERENCE, 2005. Portland. *Proceedings* [...]. Portland: IEEE, 2005. DOI: 10.1109/iemc.2005.1559140. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1559140>. Acesso em: 17 abr. 2023.

DOBRE, A. M. Intangible assets as a source of competitiveness in the post-crisis economy. The role of brands. *Theoretical and Applied Economics*, v. 20, n. 12, p. 127-138, Jan. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261404316_Intangible_assets_as_a_source_of_competitiveness_in_the_post-crisis_economy_The_role_of_brands. Acesso em: 10 jul. 2022.

DONTHU, N. *et al.* How to conduct a bibliometric analysis: an overview and guidelines. *Journal of Business Research*, v. 133, p. 285-296, 2021. DOI: 10.1016/j.jbusres.2021.04.070. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296321003155>. Acesso em: 20 jul. 2022.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, v. 11, n. 3, p. 147-162, June. 1982. DOI: [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(82\)90016-6](https://doi.org/10.1016/0048-7333(82)90016-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0048733382900166>. Acesso em: 8 nov. 2023.

8, G. The nature of the innovative process. In: DOSI, G. *et al.* (eds.). *Technical change and economic theory*. Londres: Pinter Publishers, 1988a. 646 p.

DOSI, G. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, v. 27, n. 3, p. 1120-1171, 1988b.

DOSI, G., ORSENIGO, L. Coordination and transformation: an overview of structures, behaviours and change in evolutionary environments. In: DOSI, G. *et al.* (eds.). *Technical change and economic theory*. London: Pinter, 1988. p. 13-37.

DOSI, G. Finance, innovation and industrial change. *Journal of Economic Behavior & Organization*, v. 13, n. 3, p. 299-319, 1990. DOI: 10.1016/0167-2681(90)90003-v. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/016726819090003V>. Acesso em: 8 nov. 2023.

DOWNS, E. *Green giants? China's national oil companies prepare for the energy transition*. New York: Columbia University CGEP, 2021. Disponível em: https://www.energypolicy.columbia.edu/wp-content/uploads/2021/09/ChinaNOCs_CGEP_Report_111122.pdf. Acesso em: 11 jul. 2022.

EDVINSSON, L.; MALONE, M. S. *Capital intelectual*. São Paulo: Makron Books, 1997.

EPSTEIN, B. J.; MIRZA, A. A. *WILEY IAS 2004*: interpretation and application of international accounting and financial reporting standards. New York: John Wiley & Sons, 2004. 1094p.

ETZKOWITZ, H.; ZHOU, C. Hélice tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. *Estudos Avançados*, v. 31, n. 90, p. 23-48, 2017. DOI: 10.1590/s0103-40142017.3190003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/4gMzWdcjVXCMp5XyNbGYDMQ/>. Acesso em: 21 dez. 2022.

FACHIN, O. *Fundamentos de metodologia*. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2017. 277 p.

FAGERBERG, J.; SAPPASERT, k. National innovation systems: the emergence of a new approach. *Science and Public Policy*, v. 38, n. 9, p. 669-679, November 2011. DOI: 10.3152/030234211X13070021633369. Disponível em: <https://econpapers.repec.org/paper/tikinowpp/20111115.htm>. Acesso em: 02 set. 2020.

FATTAHI, K.; NAEINI, A. B.; SADJADI, S. J. Technology valuation of NTBFs in the field of cleaner production in terms of investors' exibility and uncertainty in public policy. *Scientia Iranica*, Narmak, Teerã, Irã, v. 27, n. 6, p. 3322-3337, November. /December. 2020.

DOI:10.24200/SCI.2019.52078.2523. Disponível em:
http://scientiairanica.sharif.edu/article_21365.html. Acesso em: 18 abr. 2023.

FARIA, B. S. de *et al.* **Conhecimentos básicos sobre propriedade intelectual**. Brasília: Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico - CDT, 2016. 150 p. Disponível em:
<http://profnit.unb.br/images/PDF/PUBLICACOES/Conhecimentos-Bsicos-sobre-PI.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2023.

FARRUKH, C. *et al.* Valuing technology along a timeline of technological maturity. **International Journal of Technology Management**, v. 48, n.1, p. 42-55, 2009. DOI: 10.1504/ijtm.2009.024599. Disponível em:
<https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJTM.2009.024599>. Acesso em: 23 dez.2022.

FENG, Q.-X. *et al.* **Review of MEOR technology application in Dagang oilfield for the last decade**. Society of Petroleum Engineers, 2006. DOI: 10.2118/100791-ms. (Paper 100791- presented at the SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition, Adelaide, Australia, september 2006).

FERREIRA, A. R. F. *et al.* Valoração de propriedade intelectual para a negociação e transferência da tecnologia: o caso NIT/IFBA. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 1-23, 2020. Disponível em: <http://www.spell.org.br/documentos/ver/58412>. Acesso em: 20 nov. 2021.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. da. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/viewFile/3852/3156>. Acesso em: 22 jan. 2023.

FOCHESATTO, D. B. L. **Framework de valoração de ativos intangíveis**: uma proposta para a determinação do valor de referência de patentes na UFMT. 2020. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação, PROFNIT, Ponto Focal Cuiabá-MT, 2020.

FONSECA FERREIRA, A. R. *et al.* Valoração de propriedade intelectual para a negociação e transferência da tecnologia: o caso NIT/IFBA. **Navus-Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 10, p. 1-24, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.22279/navus.2020.v10.p01-23.1046>. Acesso em: 15 nov. 2023.

FORMAN, E.; PENIWATI, K. Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 108, n. 1, p. 165-169, 1998. DOI: 10.1016/S0377-2217(97)00244-0. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221797002440>. Acesso em: 11 nov. 2021.

FORNARO, G.; FEDERICI, C.; ROGNONI, C.; CIANI, O. Broadening the concept of value: a scoping review on the option value of medical technologies. **Value in Health**, v. 24, n. 7, p. 1045-1058, July 2021. DOI: 10.1016/j.jval.2020.12.018. Disponível em:
[https://www.valueinhealthjournal.com/article/S1098-3015\(21\)00099-1/pdf](https://www.valueinhealthjournal.com/article/S1098-3015(21)00099-1/pdf). Acesso em: 21 maio 2022.

FRATTINI, F.; BIANCHI, M.; FRANZÓ, S. Identifying factors influencing the price of technology licenses: a framework grounded in negotiation research. **International Journal of Innovation Management**, v. 23, n. 55, p. 1-34, 2018. DOI: 10.1142/s1363919619500397.

Disponível em: <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S1363919619500397>. Acesso em: 17 dez. 2022.

FREEMAN, C. The economics of technical change. *Cambridge Journal of Economics*, v. 18, n. 5, p. 463-514, 1994. DOI: 10.1093/oxfordjournals.cje.a035286.

FREEMAN, C. *Technology policy and economic performance*. London: Pinter Publishers, 1987.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment business, cycles and investment behavior. In: DOSI, G. et al. (eds.). *Technical change and economic theory*. London: Pinter Publishers, 1988. p. 38-66.

FREEMAN, C.; SOETE, L. *A economia da inovação industrial*. Tradução: André Luiz Sica e Janaína Oliveira Pamplona da Costa. Campinas: Unicamp, 2008.

FREY, I. A.; FREY, M. R. A Mensuração do ativo intangível responsabilidade social empresarial. *Revista Brasileira de Contabilidade*, v. 138, p. 45-55, nov./dez. 2002. Disponível em: <https://cfc.org.br/rbc/revista-brasileira-de-contabilidade-no-138/>. Acesso em: 10 jun. 2022.

GAITÁN, M. G. Licensing as a central structure of technology transfer agreements: joint venture and franchising agreements. *GRUR International*, v. 70, n. 5, p. 427-439, 2021. DOI: 10.1093/grurint/ikab032. Disponível em: <https://academic.oup.com/grurint/article-abstract/70/5/427/6225991>. Acesso em: 18 set. 2022.

GAMBARDELLA, A. The economic value of patented inventions: thoughts and some open questions. *International Journal of Industrial Organization*, v. 31, n.5, p. 626-633, 2013. DOI: 10.1016/j.ijindorg.2013.02.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167718713000180>. Acesso em: 11 ago. 2022.

GARNICA, L. A.; TORKOMIAN, A. L. V. Gestão de tecnologia em universidades: uma análise do patenteamento e dos fatores de dificuldade e de apoio à transferência de tecnologia no Estado de São Paulo. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 16, n. 4, p. 624-638, out./dez. 2009. DOI: 10.1590/S0104-530X2009000400011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/HRvwkYZSShks9HXL7rypfxF/>. Acesso em: 21 dez. 2022.

GEETHA, S. J.; BANAT, I. M.; JOSHI, S. J. Biosurfactants: production and potential applications in microbial enhanced oil recovery (MEOR). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 14, p. 23-32, 2018. DOI: 10.1016/j.bcab.2018.01.010. Acesso em: 21 jun. 2021.

GIANGIACOMO, L. *Chemical and microbial paraffin control project (FC9544/96PT12)*: Report to the Rocky Mountain Oil Field Testing Center. Gemantown, VA: US Department of Energy, 1997.

GIBSON, D. V.; SMILOR, W. Key variables in technology transfer: a field - study based on empirical analysis. *Journal of Engineering and Technology Management*, v. 8, n. 3-4, p. 287-312, 1991. DOI: 10.1016/0923-4748(91)90015-J. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/092347489190015J>. Acesso em: 21 out. 2022.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2010. 184 p.

GRIMALDI, M.; CRICELLI, L.; ROGO, F. Valuating and analyzing the patent portfolio: the patent portfolio value index. *European Journal of Innovation Management*, v. 21, n. 2, p. 174-205, 2018. DOI: 10.1108/EJIM-02-2017-0009. Disponível em: www.emeraldinsight.com/1460-1060.htm. Acesso em: 2 ago. 2022

GRIMALDI, M.; CRICELLI, L. Indexes of patent value: a systematic literature review and classification. *Knowledge Management Research & Practice*, v. 18, n. 2, p. 214-233, Apr. 2020. DOI: 10.1080/14778238.2019.1638737. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14778238.2019.1638737>. Acesso em: 2 ago. 2022.

GRIMPE, C.; HUSSINGER, K. Formal and informal knowledge and technology transfer from academia to industry: complementarity effects and innovation performance. *Industry and Innovation*, v. 20, n. 8, p. 683-700, 2013. DOI: 10.1080/13662716.2013.856620. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1283685. Acesso em: 19 nov. 2022.

GRZES-BUKLAHO, J. Intangible assets as a source of competitiveness of real-estate developers. *Ekonomia Prawo*, v. 17, n. 4, p. 355-365, Dec. 2018. DOI: 10.12775/EiP.2018.026. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/cpn/umkeip/v17y2018i4p355-365.html>. Acesso em: 11 ago. 2022.

GUJARATI, D. N. *Econometria básica*. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

HADDADI, A.; TEMELJOTOV-SALAJ, A.; FOSS, M.; KLAKEGG, O. J. The concept of value for owners and users of buildings: a literature study of value in different contexts. *Social and Behavioral Sciences*, v. 226, p. 381-389, 2016. DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.06.202. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042816308886>. Acesso em: 28 jul. 2022.

HADIA, N. J. *et al.* Experimental investigation of biosurfactant mixtures of surfactin produced by *Bacillus Subtilis* for EOR application. *Fuel*, v. 250, p. 789-799, 2019. DOI: 10.1016/j.fuel.2019.03.111. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236119304946>. Acesso em: 8 jun. 2021.

HAGELIN, T. A new method to value intellectual property. *AIPLA Quarterly Journal*, v. 30, n. 3, p. 353-403, 2002. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=777705. Acesso em: 21 jan. 2023.

HANEL, P. Intellectual property rights business management practices: a survey of the literature. *Technovation*, v. 26, n. 8, p. 895-931, 2006. DOI: 10.1016/j.technovation.2005.12.001. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166497205001793>. Acesso em: 21 jun. 2022.

HAKSEVER, C.; CHAGANTI, R.; COOK, R. G. A model of value creation: strategic view. *Journal of Business Ethics*, v. 49, p. 295-307, 2004. DOI: 10.1023/b:busi.0000017968.21563.05. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/B:BUSI.0000017968.21563.05>. Acesso em: 3 ago. 2022.

HERNÁNDEZ-GARCÍA, R. D.; GÜEMES-CASTORENA, D.; PONCE-JARAMILLO, I. E. A real option based model for the valuation of patent protected technological innovation projects. *World Patent Information*, v. 53, p. 24-38, 2018. DOI: 10.1016/j.wpi.2018.05.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0172219017300959>. Acesso em: 16 abr. 2023.

HEUBERGER, C. F.; STAFFELL, I.; SHAH, N.; DOWELL, N. M. Levelised value of electricity: a systemic approach to technology valuation. *Computer Aided Chemical Engineering*, v. 38, p. 721-726, 2016. DOI: 10.1016/b978-0-444-63428-3.50125-9. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444634283501259?via%3Dihub>. Acesso em: 16 abr. 2023.

HEUBERGER, C. F. *et al.* An MILP modeling approach to systemic energy technology valuation in the 21st century energy system. *Energy Procedia*, v. 114, p. 6358-6365, 2017. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.03.1772. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217319744>. Acesso em: 16 abr. 2023.

HEBERDEN, T. Intellectual property valuation and royalty determination. In: LIBERMAN, A.; CHROCZIEL, P.; LEVINE, R. *International licensing and technology transfer: practice and the law*. Holanda: Wolters Kluwer Law & Business, 2011. Disponível em: https://brandfinance.com/images/upload/ip_valuation_royalty_rates.pdf. Acesso em: 5 jun. 2023.

HERFELD, C.; LISCIANDRA, C. Knowledge transfer and its contexts, *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, v 77, p. 1-10, 2019. DOI: 10.1016/j.shpsa.2019.06.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039368118303273>. Acesso em: 21 maio 2023.

HOBSON, B. *A Technology maturity measurement system for the Department of National Defence: the TML System*. Quebec: Defence Research and Development Canada, 44 p. 2006. Disponível em: <https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc56/p525859.pdf>. Acesso em: 30 maio 2023.

HOFFMAN, K.; GIRVAN, N. *Managing international technology transfer: a strategic approach for developing*. Ottawa-Canada: IDRC, 1990.

HONG, S. J.; SEO, J. W.; KIM, Y. S.; KANG, S. H. Construction technology valuation for patent transaction. *KSCE Journal of Civil Engineering*, v. 14, n. 2, p. 111-122, 2010. DOI: 10.1007/s12205-010-0111-y. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12205-010-0111-y>. Acesso em: 16 abr. 2023.

HOSS, O. *Modelo de avaliação de ativos intangíveis para Instituições de Ensino Superior Privado*. 2003. 170f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, UFSC, Florianópolis, 2003.

HUNG, S. W.; TSENG, S. C. A new framework integrating environmental effects into technology evaluation. *Journal of Business Ethics*, v. 95, n. 4, p. 543-556, 2010. DOI: 10.1007/s10551-010-0439-8. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10551-010-0439-8#citeas>. Acesso em: 21 dez. 2022.

HUNT, F.; MITCHELL, R.; PHAAL, R.; PROBERT, D. Early valuation technology: real options, hybrid models and beyond. *Journal of the Society of Instrument and Control Engineers*, v. 43, n. 10, p. 730-735, 2004. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/sicejl1962/43/10/43_10_730/_article. Acesso em: 16 ago. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS - IBP. *Panorama geral do setor de petróleo e gás: uma agenda para o futuro*. Rio de Janeiro, RJ: IBP, 20 p. 2022.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. *The oil and gas industry in energy transitions insights from IEA analysis*. Paris: IEA, 2020. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/4315f4ed-5cb2-4264-b0ee-2054fd34c118/The_Oil_and_Gas_Industry_in_Energy_Transitions.pdf. Acesso em: 20 dez. 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. *Energy technologies perspectives 2020*. Paris: IEA, 2021. Disponível em: www.iea.org/t&c. Acesso em: 20 dez. 2021.

INTERNATIONAL ACCOUNTING STANDARDS BOARD - IASB. *Intangible assets (IAS, 38)*. London: IFRS Foundation, 2021. Disponível em: www.ifrs.org/issued-standards/list-of-standards/ias-38-intangible-assets. Acesso em: 21 ago. 2022.

ISO. *Space systems: definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment*, ISO 16290. Suíça, 2013. Disponível em: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/56064/173db164bf944bfc0116f89a94292ba/ISO-16290-2013.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2022.

JANG, W.-J.; LEE, C. A technology valuation model for the defense R&D with income approach. *International Journal of Innovation and Technology Management*, v. 10, n. 4, p. 1-19, 1350017, 2013. DOI: 10.1142/s021987701350017x. Disponível em: <https://www.worldscientific.com/doi/10.1142/S021987701350017X>. Acesso em: 17 abr. 2023.

JANG, W.-J.; RYU, J.-Y. Technology valuation model in defense offset trade: income approach. In: PICMET, 8., 2008, Cape Town, South Africa. *Proceedings* [...]. Cape Town, South Africa, 2008. DOI: 10.1109/picmet.2008.4599879. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/12/3410/htm>. Acesso em: 18 abr. 2023.

JEON, C.; SHIN, J. Long-term renewable energy technology valuation using system dynamics and Monte Carlo simulation: photovoltaic technology case. *Energy*, v. 66, p. 447-457, 2014. DOI: 10.1016/j.energy.2014.01.050. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544214000711>. Acesso em: 18 abr. 2023.

JEVONS, W. S. *A teoria da economia política*. Tradução: Cláudia Laversveiler de Morais. São Paulo: Nova Cultural, 1996. 240 p. (Os economistas).

JIMÉNEZ, C. N.; CRISTANCHO, A. D.; CASTELLANOS, O. F. The role of capability in technology valuation. *Ingeniería e Investigación*, v. 31, n. 2, p. 112-123, Aug. 2011. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092011000200013. Acesso em: 19 abr. 2023.

JOHNSON, B.; LUNDEVALL, B.-Å. National Innovation Systems (NIS). In: Carayannis, E.G. (eds). *Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation and Entrepreneurship*, p. 1341–1347. New York: Springer, 2013. DOI:10.1007/978-1-4614-3858-8_458.

JUN, S.; PARK, S.; JANG, D. A technology valuation model using quantitative patent analysis: a case study of technology transfer in big data marketing. *Emerging Markets Finance and Trade*, v. 51, n. 5, p. 963-974, 2015. DOI: 10.1080/1540496X.2015.106138. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26752282>. Acesso em: 16 abr. 2023.

KACZMARSKA, B.; GIERULSKI, W.; ZAJAC, J.; BITTNE, A. Modelling of technology valuation in the process of its commercialization. *Management and Production Engineering Review*, v. 12, n. 1, p. 85-93, Mar. 2021. DOI: 10.24425/mper.2021.36874. Disponível em: <https://journals.pan.pl/Content/119523/art08.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2023.

KALIP, N. G.; ERZURUMLU, Y. Ö.; GÜN, N. A. Qualitative and quantitative patent valuation methods: a systematic literature review. *World Patent Information*, v. 69, p. 1-13, June 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0172219022000187>. Acesso em: 14 dez. 2022.

KAPITSA, Y.; ARALOVA, N. Determination of royalty rates for international technology transfer agreements. *Science and Innovation*, v. 11, n. 2, p. 51-68, Mar. 2015. DOI: 0.15407/scine11.02.051. Disponível em: <https://techtransfercentral.com/marketplace/ipra/dorrftl/>. Acesso em: jun. 2023.

KAYO, E. K.; KIMURA, H.; MARTIN, D. M. L.; NAKAMURA, W. T. Ativos intangíveis, ciclo de vida e criação de valor. *RAC*, v. 10, n. 3, p. 73-90, jul./set. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rac/a/VswnqbdXT5VqgHjywdpfxNx/>. Acesso em: 10 nov. 2022.

KAYO, E. K. *A estrutura de capital e o risco das empresas tangível e intangível-intensivas: uma contribuição ao estudo da valoração de empresas*. 2002. 110 f. Tese (Doutorado em Administração) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP, São Paulo, 2002. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12139/tde-05032003-194338/pt-br.php>. Acesso em: 29 jul. 2022.

KEYNES, J. M. *Teoria geral do emprego, do juro e da moeda*. São Paulo: Nova Cultural, 1996. (Os Economistas).

KHIRE, J. M.; KHAN, M. I. Microbially enhanced oil recovery (MEOR). Part 1 - importance and mechanism of MEOR. *Enzyme Microbiology Technology*, v. 16, n. 2, p. 170-172, 1994. DOI: [https://doi.org/10.1016/0141-0229\(94\)90081-7](https://doi.org/10.1016/0141-0229(94)90081-7). Acesso em: 9 nov. 2023.

KHOURY, T. A.; PLEGGENKUHLE-MILES, E. G.; WALTER, J. Experiential learning, bargaining power, and exclusivity in technology licensing. *Journal of Management*, v. 45, n. 3, p. 1193-1224, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/0149206317693084>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0149206317693084?journalCode=joma>. Acesso em: 25 maio 2023.

KIM, H. S. Technology valuation for intellectual property commercialization. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, v. 9, n. 8, p. 136-143, 2022. DOI:10.21833/ijaas.2022.08.017. Disponível em: <http://www.science-gate.com/IJAAS/2022/V9I8/1021833ijaas202208017.html>. Acesso em: 18 abr. 2023.

KIM, J.; LEE, G.; LEE, S.; LEE, C. Towards expert-machine collaborations for technology valuation: an interpretable machine learning approach. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 183, p. 1-17, Oct. 2022. DOI: 10.1016/j.techfore.2022.121940. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162522004619>. Acesso em: 18 abr. 2023.

KIM, M.-S. *et al.* A study on intelligent technology valuation system: introduction of KIBO Patent Appraisal System II. *Sustainability*, v. 13, n. 21, p. 1-25, 2021. DOI: 10.3390/su132212666. Disponível: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/22/12666>. Acesso em: 12 abr. 2023.

KIM, Y.-C.; AHN, J. M.; KWON, O.; LEE, C. Valuation of university-originated technologies: a predictive analytics approach. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 68, n. 6, p. 1-13, 2019. DOI:10.1109/tem.2019.2938182. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8844800>. Acesso em: 12 abr. 2023.

KLINE, S. J. Innovation is not a linear process. *Research Management*, v. 28, n. 4, p. 36-45, 1985. DOI: 10.1080/00345334.1985.11756910. Disponível em: Acesso em: 23 ago. 2021.

KLINE, J.; ROSENBERG, N. An overview of innovation. In: LANDAU, R.; ROSENBERG, N. (eds.). *The positive sum strategy: harnessing technology for economic growth*. Washington: National Academy Press, 1986.

KNIGHT, F. H. *Risk, uncertainty e profit*. Mineola- New York: Dover Publications, 2006. 381 p.

KNIGHT, J. A. *Value based management: developing a systematic approach to creating shareholder value*. New York: McGraw-Hill, 1998.

KOC, T.; BOZDAG, E. Measuring the degree of novelty of innovation based on Porter's value chain approach. *European Journal of Operational Research*, v. 257, n. 2, p. 559-567, 2017. DOI: 10.1016/j.ejor.2016.07.049. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037722171630604X>. Acesso em: 27 dez. 2022.

KOSSOVSKY, N.; BRANDEGEE, B.; GIORDAN, J. C. Using the market to determine ip's fair market value. *Research -Technology Management*, v. 47, n. 3, p. 33-42, May 2004. DOI: 10.1080/08956308.2004.11671628. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08956308.2004.11671628>. Acesso em: 16 out. 2022.

KUHN, T. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: Chicago University Press, 1962.

KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. Tradução: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 13. ed. São Paulo: Perspectiva, 2011. 324 p.

LAGROST, C.; MARTIN, D.; DUBOIS, C.; QUAZZOTTI, S. Intellectual property valuation: how to approach the selection of an appropriate valuation method. *Journal of Intellectual Capital*, v. 11, n. 4, p. 481-503, 2010. DOI: 10.1108/14691931011085641. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/14691931011085641/full/html>. Acesso em: 26 abr. 2023.

LAI, Y.-H.; CHE, H.-C. Modeling patent legal value by Extension Neural Network. *Expert Systems with Applications*, v. 36, n. 7, p. 10520–10528, 2009. DOI: 10.1016/j.eswa.2009.01.027. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417409000645>. Acesso em: 21 ago. 2022.

LAPPONI, J. C. Medidas de dispersão. In: LAPPONI, J. C. *Estatística usando excel*. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2005. 496p. p. 107-145.

LAZAR, I. MEOR field trials carried out over the world during the last 35 years. In: DONALDSON, E. C. (ed.). *Microbial enhancement of oil recovery*: recent advances. Amsterdam: Elsevier, 1991. p. 485-530. (Developments in Petroleum Science, v. 31). DOI: [https://doi.org/10.1016/S0376-7361\(09\)70181-5](https://doi.org/10.1016/S0376-7361(09)70181-5). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0376736109701815?via%3Dihub>. Acesso em: 18 out. 2022.

LAZAR, I.; PETRISOR, I. G.; YEN, T. E. Microbial enhanced oil recovery (MEOR). *Petroleum Science and Technology*, v. 25, n. 11, p. 1353-1366, 2007.

LEE, K.-J. The real options component and market value of taiwan technological companies. *Emerging Markets Finance and Trade*, v. 53, n. 1, p. 98-108, 2016. DOI: 10.1080/1540496X.2016.1149060. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1540496X.2016.1149060?journalCode=mree20>. Acesso em: 13 maio 2023.

LEE, C.-T.; LIN, C.-T. Application-oriented technology valuation: examples from the semiconductor industry. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT, Cingapura, 2007, p. 2005-2009, 2007. DOI: 10.1109/IEEM.2007.4419543. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4419543>. Acesso em: 16 abr. 2023.

LEE, S.-C. Using real option analysis for highly uncertain technology investments: the case of wind energy technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, n. 9, p. 4443-

4450, 2011. DOI: 10.1016/j.rser.2011.07.107. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v15y2011i9p4443-4450.html>. Acesso em: 15 abr. 2023.

LEE, B. K.; SOHN, S. Y. Patent portfolio-based indicators to evaluate the commercial benefits of national plant genetic resources. *Ecological Indicators*, v. 70, p. 43-52, nov. 2016. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.05.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X16302357>. Acesso em: 26 abr. 2023.

LEE, K. S.; KWON, T.-H.; PARK, T.; JEONG, M. S. *Theory and practice in microbial enhanced oil recovery*. Cambridge: Elsevier, 2020.

LEITE, L. F.; SEIDL, P.; ANTUNES, A. M. S. Análise do desenvolvimento da tecnologia de FCC sob a ótica das teorias de aprendizagem organizacional e dinâmica da inovação. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 7, n. 1, p. 25-62, 2008.

LEITNER, K. H. Managing and reporting intangible assets in research technology organizations. *R & D Management*, v. 35, n. 2, p. 125-136, 2005. DOI: 10.1111/j.1467-9310.2005.00378.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1467-9310.2005.00378.x>. Acesso em: 13 dez. 2022.

LEV, B. *Intangibles: management and reporting*. Washington, D.C.: Brookings, 2001.

LEZAMA-NICOLÁS, R.; RODRÍGUEZ-SALVADOR, M.; RÍO-BELVER, R.; BILDOSOLA, I. A bibliometric method for assessing technological maturity: the case of additive manufacturing. *Scientometrics*, n. 117, p. 1425-1452, 2018. DOI:10.1007/s11192-018-2941-1. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-018-2941-1>. Acesso em: 13 dez. 2022.

LIM, S. C.; MACIAS, A. J.; MOELLER, T. Intangible assets and capital structure. *Journal Banking & Finance*, v. 118, p. 105873, Sept. 2020. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2020.105873. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378426620301394>. Acesso em: 30 jul. 2022.

LIN, G. T. R.; TANG, J. Y. H. Appraising intangible assets from the viewpoint of value drivers. *Journal of Business Ethics*, v. 88, n. 4, p. 679-689, 2009. DOI: 10.1007/s10551-008-9974-y. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10551-008-9974-y#citeas>. Acesso em: 15 abr. 2023.

LITAN, R. E.; WALLISON, P. J. Beyond GAAP. *Regulation Fall*, p. 50-55, 2003. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=511422. Acesso em: 11 jun. 2022.

LIU, K.; WEI, X. Oil recovery: experiences and economics of microbially enhanced oil recovery (MEOR). Consequences of microbial interactions with hydrocarbons, oils, and lipids: production of fuels and chemicals. In: TIMMI, K. N. (eds.). *Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology*. New York: Springer, 2017. p. 671-688. DOI: 10.1007/978-3-319-50436-0_203.

LORENZONI, L. P. *Metodologia para valoração tecnológica em universidades*. 2019. 151f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de

Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Rio Grande do Sul, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/20269>. Acesso em: 21 jan. 2023.

LUNDVALL, B.-A. *National Systems of Innovation*: towards a theory of innovation and interactive learning. London: Pinter, 1992.

MAŁECKA, M. Values in economics: a recent revival with a twist. *Journal of Economic Methodology*, v. 28, n. 1, p. 88-97, 2021. DOI: 10.1080/1350178x.2020.1868776. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1350178X.2020.1868776>. Acesso em: 01 ago. 2022.

MÄMMELÄ, J.; JUUTI, T.; JULKUNEN, P. Technology valuation method for supporting knowledge management in technology decisions to gain sustainability. *Sustainability*, v. 11, n. 12, p. 1-16, 2019. DOI: 10.3390/su11123410. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/12/3410/htm>. Acesso em: 21 jun. 2022.

MANKINS, J. C. Technology readiness assessments: a retrospective. *Acta Astronautica*, v. 65, n. 9-10, p. 1216-1223, 2009. DOI: 10.1016/j.actaastro.2009.03.058. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094576509002008>. Acesso em: 12 nov. 2022.

MANKINS, J. C. *Technology readiness levels*: a white paper. Washington, D.C.: Advanced Concepts Office of Space Access and Technology NASA, 1995. Disponível em: http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf. Acesso em: 21 jun. 2022.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. V. *Metodologia do trabalho científico*: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2022. 550 p.

MARKMAN, G.; GIANIODIS, P. T.; PHAN, P. H.; BALKIN, D. B. Innovation speed: transferring university technology to market. *Research Policy*, v. 34, n. 7, p. 1058-1075, 2005. DOI: 10.1016/j.respol.2005.05.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733305001022>. Acesso em: 21 abr. 2022.

MARSHALL, A. *Princípios de economia*: tratado introdutório. São Paulo: Nova Cultural, 1996. 368 p. (Os Economistas).

MARTINS, S. S. A.; SILVA, M. P.; AZEVEDO, M. O.; SILVA, V. P. Produção de petróleo e impactos ambientais: algumas considerações. *Holos*, Natal, RN, v. 6, n. 54, p. 57-76, 2015. DOI: 10.15628/holos.2015.2201. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481547289005>. Acesso em: 13 abr. 2020.

MARX, K. *O capital*: crítica da economia política. São Paulo: Nova Cultural, 1996. 496 p. v. 1, t.1.

MATA, D.; SANTOS, C. A. R. Preços de petróleo e os trabalhadores do setor petrolífero brasileiro. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, Brasília, n. 13, p. 33-37, jan./jun. 2016.

MENDOZA, X. P. L.; SANCHEZ, D. S. M. A systematic literature review on technology transfer from university to industry. *International Journal Business and Systems Research*, v. 12, n. 2, p. 197, 2018. DOI: 10.1504/ijbsr.2018.090699. Disponível em: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJBSR.2018.090699>. Acesso em: 18 set. 2022.

MAURE, A. *et al.* Waflooding optimization using biotechnology: 2-year field test, la Ventana Field, Argentina. In: SPE LATIN AMERICAN AND CARIBBEAN PETROLEUM ENGINEERING CONFERENCE, 2001. Buenos Aires, 2001. DOI: 10.2118/69652-ms.

MCINERNEY, M. J.; NAGLE, D. P.; KNAPP, R. M. Microbially enhanced oil recovery: past, present, and future. In: OLIVIER, B.; MAGOT, M. *Petroleum microbiology*. Washington, D.C.: ASM Press, 2005. p. 215-237. DOI:10.1128/9781555817589.ch11.

MENGER, C. *Liberalismo*: princípios da economia política. São Paulo: Lebooks, 2017.

MILL, J. S. *Princípios de economia política*: com algumas de suas aplicações à filosofia social. Tradução: Luiz João Baraúna. São Paulo: Nova Cultural, 1996a. 560 p. v. 1. (Os Economistas).

MINAYO, M. C. de S. (org.). *Pesquisa social*: teoria, método e criatividade. 18. ed. Petrópolis: Vozes, 2001. 80 p.

MOON, T. H.; SOHN, S. Y. Technology scoring model for reflecting evaluator's perception within confidence limits. *European Journal of Operational Research*, v. 184, n. 3, p. 981-989, 2008. DOI: 10.1016/j.ejor.2006.11.030. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221706011659>. Acesso em: 17 abr. 2023.

MOON, T. H.; SOHN, S. Y. Technology credit scoring model considering both SME characteristics and economic conditions: The Korean case. *Journal of the Operational Research Society*, v. 61, n. 4, p. 666-675, January. 2010. DOI:10.2307/40608190. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/40608190>. Acesso em: 17 abr. 2023.

MOWERY, D. C.; SAMPAT, B. N. The Bayh-Dole Act of 1980 and university–industry technology transfer: a model for other OECD governments? *Journal of Technology Transfer*, v. 30, n. 1-2, p. 115-127, 2005. DOI: 10.1007/s10961-004-4361-z. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10961-004-4361-z>. Acesso em: 16 out. 2022.

MYRDAL, G. K. *Aspectos políticos da teoria econômica*. São Paulo: Nova Cultural, 1996. 234p. (Os Economistas).

NAM, T.; TAM, T.; HUNG, T.; TRAN, N. Determining criteria in technology valuation through the analytic hierarchy process: a case study in Vietnam. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*, v. 12, n. 4, p. 9-14, 2022. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees12.402>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/362888259_DETERMINING_CRITERIA_IN_TECHNOLOGY_VALUATION_THROUGH_THE_ANALYTIC_HIERARCHY_PROCESS_A_CASE_STUDY_IN_VIETNAM. Acesso em: 21 ago. 2022.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge: Harvard University Press, 1982.

NELSON, R.; WINTER, S. G. In search of useful theory of innovation. *Research Policy*, v. 6, p. 36-76, 1977. Disponível em: http://sjbae.pbworks.com/w/file/fetch/45243832/nelson%20and%20winter_1977.pdf. Acesso em: 9 nov. 2023.

NELSON, R. R.; ROSENBERG, N. Technical innovation and national systems. In: NELSON, R. R.; ROSENBERG, N. (ed.). *National Innovation Systems: a comparative analysis*. Oxford: Oxford University Press, 1993.

NELSON, R. R.; NELSON, K. Technology, institutions, and innovation systems. *Research Policy*, v. 31, n. 2, p. 265-272, Feb. 2002. DOI: 10.1016/s0048-7333(01)00140-8. Disponível em: https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/3758652/mod_resource/content/0/Tec%20Inst%20Sis%20Inov%20Richard%20Nelson.pdf. Acesso em: 21 dez. 2021.

NELSON, R. R. Technology, institutions, and economic development. In: DRECHSLER, W.; KATTEL, R.; REINERT, E. (orgs.). *Techno-economic paradigms: essays in honour of Carlota Perez*. London: Anthem, 2012. p. 269-286. DOI: 10.7135/UPO9781843318224.017.

NICHITA, E.M. Intangible assets: insights from a literature review. *Accounting and Management Information Systems*, v. 18, n. 1, p. 4-24, 2019. DOI: 10.24818/jamis.2019.01001. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/333666494_Intangible_assets_-_insights_from_a_literature_review. Acesso em: 30 jul. 2022.

NICULITA, A. L.; POPA, A. F.; CALOIAN, F. The intangible assets: a new dimension in the company's success. *Procedia Economics and Finance*, n. 3, p. 304-308, 2012. DOI: 10.1016/S2212-5671(12)00156-6. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221256711200156610.3389/fmicb.2019.02996>. Acesso em: 23 jul. 2022.

NIKOLOVA, C.; GUTIERREZ, T. Use of microorganisms in the recovery of oil from recalcitrant oil reservoirs: current state of knowledge, technological advances and future perspectives. *Frontiers in Microbiology*, v. 10, p. 1-18, Jan. 2020. DOI:10.3389/fmicb.2019.02996.

NIU, J.; LIU, Q. I.; LV, J.; PENG, B. Review on microbial enhanced oil recovery: mechanisms, modeling and field trials. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, v. 192, 2020. DOI: 10.1016/j.petrol.2020.107350. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920410520304253>. Acesso em: 15 dez. 2021.

NNAEMEKA, O.; FRANKLIN, N.; STANLEY, O. A review of microbial enhanced oil recovery applications projects. *Oil & Gas Research*, v. 4, n. 2, p. 1-6, 2018. DOI: 10.4172/2472-0518.1000152. Disponível em: [a-review-of-microbial-enhanced-oil-recovery-applications-projects-2472-0518-1000152.pdf](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S247205181000152). Acesso em: 18 out. 2022.

NOH, H.; SEO, J.-H.; SUN YOO, H.; LEE, S. How to improve a technology evaluation model: a data-driven approach. *Technovation*, v. 72-73, p. 1-12, Apr-May 2018. DOI: 10.1016/j.technovation.2017.10.006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166497217307824>. Acesso em: 30 abr. 2023.

NWIDEE, L. N. *et al.* EOR processes, opportunities and technological advancements. In: ROMERO- ZERÓN, L. (ed.). *Chemical Enhanced Oil Recovery (CEOR): a practical overview*. London: IntechOpen, 2016. p. 4-52. DOI: 10.5772/64828. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/chemical-enhanced-oil-recovery-ceor-a-practical-overview/eor-processes-opportunities-and-technological-advancements>. Acesso em: 12 set. 2020.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OCDE. *Manual de Oslo*: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 2. ed. Brasília: FINEP, 1997.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OCDE. *Manual de Oslo*: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3. ed. Tradução: Paulo Garchet. Paris: OECD; Brasília: FINEP, 2005.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. *Bridging the gap in the financing of intangibles to support productivity*: an OECD contribution to the G20 Italian Presidency 2021. Paris: OECD, 2021. 50 p. (Background paper). Disponível em: <https://search.oecd.org/global-forum-productivity/events/Bridging-the-gap-in-the-financing-of-intangibles-to-support-productivity-background-paper.pdf>. Acesso em: 21 maio 2023.

OH, J. W.; PARK, H. W. Income approach to technology valuation for innovation. *International Journal of Technology Management*, v. 88, n. 2-4, p. 389-407, 2022. DOI: 10.1504/IJTM.2022.121500. Disponível em: <https://www.inderscience.com/info/inarticle.php?artid=121500>. Acesso em: 18 abr. 2023.

OLIVEIRA, H. C. de. *Transferência de tecnologia sob a perspectiva da universidade como estratégia de desenvolvimento*. 2021. 422 f. Tese (Doutorado em Tecnologia e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

OLIVEIRA, J. L. C. de. *Valoração de tecnologias no cenário de transferência de tecnologia entre universidade e empresa no Brasil*: uma metodologia proposta. 2020. 188 f. Tese (Doutorado em Inovação Tecnológica e Biofarmacêutica) – Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/35783><https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/35783>. Acesso em: 21 jul. 2019.

OLIVEIRA, J. L. C.; OLIVEIRA, F. H. P.; CARVALHO, J. F. S.; SILVA, S. W. A relação entre o Sistema Nacional de Inovação (SNI) e valoração de tecnologias. *Engineering Sciences*, v. 8, n. 2, p. 91-103, 2020. DOI: 10.6008/CBPC2318-3055.2020.002.0010. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/343973396_A_relacao_entre_o_Sistema_Nacional_de_Inovacao_SNI_e_valoracao_de_tecnologias. Acesso em: 16 dez. 2020.

OMONIYI, O. A.; ABDULMALIK, F. A review of microbial enhanced oil recovery: current development and future prospects. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, v. 6, n. 1, p. 1378-1389, Jan. 2015. DOI: 10.1080 /07388551.2020.1739618. Disponível em: <https://www.ijser.org/researchpaper/A-REVIEW-OF-MICROBIAL-ENHANCED-OIL-RECOVERY.pdf>. Acesso em: 18 out. 2022.

ORGANIZATION OF THE PETROLEUM EXPORTING COUNTRIES - OPEC. *World oil outlook*. Vienna: OPEC, 2014. 396 p. Disponível em: https://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/WOO_2014.pdf. Acesso em: 14 jan. 2022.

ORDUOBADI, S. Inclusion of risk in evaluation of advanced Technologies. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 54, p. 413-420, 2011. DOI: 10.1007/s00170-010-2938-2. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-010-2938-2#citeas>. Acesso em: 7 maio 2022.

ORTIZ NETO, J. B.; SHIMA, W. T. Trajetórias tecnológicas no segmento off shore: ambiente e oportunidades. *Revista de Economia Contemporânea*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 301-332, maio/ago. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-98482008000200005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rec/a/Y5bP5b6BYGzW3qrtzdfcxDC/>. Acesso em: 21 jan. 2023.

OZKAN, E. *Technology and the future of energy*. Abu Dhabi: Emirates Center for Strategic Studies and Research, 2013.

PARK, Y.; PARK, G. A new method for technology valuation in monetary value: procedure and application. *Technovation*, v. 24, n. 5, p. 387-394, 2004. DOI: 10.1016/s0166-4972(02)00099-8. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166497202000998>. Acesso em: 16 abr. 2020.

PARK, H. W.; KANG, J. The internal attributes of technology as determinants of economic valuation of technology. *International Journal of Technology Management*, v. 69, n. 2, p. 166-186, 2015. DOI: 10.1504/IJTM.2015.071555. Disponível em: <https://www.inderscienceonline.com/doi/pdf/10.1504/IJTM.2015.071555>. Acesso em: 29 ago. 2022.

PASTOR, D.; GLOVA, J.; LIPTÁK, F.; KOVÁČ, V. Intangibles and methods for their valuation in financial terms: literature review. *Intangible Capital*, v. 13, n. 2, p. 387-410, 2017. DOI: 10.3926/ic.752. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/549/54950452005.pdf>. Acesso em: 1 ago 2023.

PATEL, J.; BORGHAIN, S.; KUMAR, M.; RANGARAJAN, V. SOMASUNDARAN, P. SEN, R. Recent developments in microbial enhanced oil recovery. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 52, p. 1539-1558, Dec. 2015. DOI: 10.1016/j.rser.2015.07.135. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115007820>. Acesso em: 22 jul. 2020.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and theory. *Research Policy*, v. 13, n. 6, p. 343-373, 1984.

PENROSE, E. T. *The economics of the International Patent System*. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1951. 247 p.

PENROSE, E. *A teoria do crescimento da firma*. Tradução Tamás Szmrecsányi. Campinas: Unicamp, 2006. 398 p.

PEREZ, M. M.; FAMÁ, R. Ativos intangíveis e o desempenho empresarial. *Revista Contabilidade & Finanças*, v. 17, n. 40, p. 7-24, jan./abr. 2006.

PEREZ, C. Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems. *Futures*, v. 15, n. 5, p. 357-375, 1983. DOI:10.1016/0016-3287(83)90050-2.

PERKMANN, M.; WALSH, K. University-industry relationships and open innovation: towards a research agenda. *International Journal of Management Reviews*, v. 9, n. 4, p. 259-280, 2007. DOI: 10.1111/j.1468-2370.2007.00225.x . Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1468-2370.2007.00225.x>. Acesso em: 1 ago. 2022.

PHILIPPI, D. A.; MACCARI, E. A. Efeitos da transferência de tecnologia de universidades Norte Americana e Brasileiras no capital humano técnico e científico. *Revista de Ciências da Administração*, v. 20, n. 51, p. 86-101, 2018. DOI: 10.5007/2175-8077.2018v20n51p86. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/adm/article/view/2175-8077.2018v20n51p86>. Acesso em: 1 set. 2022.

PINHEIRO, A. M. Ideias inovadoras: apresentação. *Revista Brasileira de Inovação*, Campinas, v. 14 n. 1, p. 9-48, jan./jun. 2015. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/issue/view/1374>. Acesso em: 30 nov. 2021.

PIQUE, J. M.; BERBEGAL-MIRABENT, J.; ETZKOWITZ, H. Triple Helix and the evolution of ecosystems of innovation: the case of Silicon Valley. *Triple Helix*, v. 5, n.11, p.1-21, 2018. DOI: 10.1186/s40604-018-0060-x. Disponível em: <https://triplehelixjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40604-018-0060-x>. Acesso em: 22 ago. 2022.

PITKETHLY, R. *The valuation of patents*: a review of patent valuation methods with consideration of option based methods and the potential for further research. Cambridge: The Judge Institute of Management Studies, 1997. 32p. (Judge Institute Working Paper WP 21/97). Disponível em: <https://users.ox.ac.uk/~mast0140/EJWP0599.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2022.

POJO, S. da R. *Transferência e valoração de tecnologias no contexto das universidades*: um estudo comparativo Brasil e Portugal. 2019. 177f. Tese (Doutorado em Administração) – Faculdade de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/194851>. Acesso em: 21 jul. 2022.

POPPER, K. R. *A lógica da pesquisa científica*. São Paulo: Cultrix, 2001.

PORTER, M. E.; STERN, S. Innovation: location matters. *MIT Sloan Management Review*, v. 42, n. 4, 2001. Disponível em: <https://shop.sloanreview.mit.edu/store/innovation-location-matters>. Acesso em: 8 ago. 2022.

POSSAS, M. L. Competitividade: fatores sistêmicos e política industrial – implicações para o Brasil. In: CASTRO, A. B.; POSSAS, M. L.; PROENÇA, A. (orgs.). *Estratégias empresariais na indústria brasileira*. Rio de Janeiro: Forense, 1996.

QURAIISHI, M. *et al.* Exploiting microbes in the petroleum field: analyzing the credibility of microbial enhanced oil recovery (MEOR). *Energies*, v. 14, n. 15, p. 46-84, 2021. DOI: 10.3390/en14154684.

QUINTELLA, C. M. *et al.* Valoração de ativos de propriedade intelectual. In: FREY, I. A.; TONHOLO, J.; QUINTELLA, C. M. (orgs.). *Transferência de tecnologia*. Salvador: IFBA, 2019. p. 139-178. (Coleção PROFNIT. Série Conceitos e Aplicações de Transferência de Tecnologia, v. 1). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214522/1/Valorac807a771o-de-ativos-de-propriedade-intelectual-2019.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2022.

RAMOS-DE-SOUZA, E. *et al.* **Método de produção de goma xantana termo-viscosificante com reutilização da água produzida e glicerina bruta, goma xantana termo-viscosificante, formulação e processo de recuperação avançada de petróleo.** Depositante: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, Universidade Federal da Bahia - UFBA, Petrogal Brasil S/A. BR 10 2020 025494 4. Depósito: 04 dez. 2020.

RAMOS-DE-SOUZA, E. *et al.* Xanthan gum produced by *Xanthomonas campestris* 2 using produced water and crude glycerin as an 3 environmentally friendlier agent to enhance oil recovery. *Fuel*, v. 310, Parte B, Feb. 2022. DOI: 10.1016/j.fuel.2021.122421. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236121022936>. Acesso em: 21 maio 2022.

RAPINI, M. S.; OLIVEIRA, V. P. de; SILVA, T. C. Como a interação universidade-empresa é remunerada no Brasil: evidências dos grupos de pesquisa do CNPq. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 15, n. 2, p. 219-246, 2016. Disponível em: <https://ideas.repec.org/p/cdp/texdis/td513.html>. Acesso em: 14 fev. 2022.

RAZGAITIS, R. *Early-stage technologies: valuation and pricing*. Hoboken, NJ: John Wiley&Sons, 1999.

RAZGAITIS, R. Pricing the intellectual property of early-stage technologies: a primer of basic valuation tools and considerations. In: KRATTIGER, A. *et al.* (eds.). *Intellectual property management in health and agricultural innovation: a handbook of best practices*. Oxford: MIHR and PIPRA, 2007. 1434p. p. 813-860.

RAZGAITIS, R. *Valuation and pricing of technology-based intellectual property*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.

ŘEHÁČEK, Z.; KRUMPHANZL, V. New trends in microbial Technology. *Folia Microbiol.* v 32, n. 1, p. 65–81, 1987. doi:10.1007/bf02877261. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02877261>. Acesso em: 21 out. 2023

REITZIG, M. Improving patent valuations for management purposes: validating new indicators by analyzing application rationales. *Research Policy*, v. 33, n. 6-7, p. 939-957, 2004. DOI: 10.1016/j.respol.2004.02.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733304000514>. Acesso em: 12 dez. 2020.

RICARDO, D. *Princípios de economia política e tributação*. Tradução: Paulo Henrique Ribeiro Sandroni. São Paulo: Nova Cultural, 1996. 320p. (Os Economistas).

ROCHA, A.; LIMA, R.; AMORIM, M.; ROMERO, F. Payment types included on technology licensing agreements and earnings distribution among Portuguese universities. *Tékhne*, v. 15, n. 2, p. 100-107, 2017. DOI: 10.1016/j.tekhne.2017.11.001. Disponível em: <https://www.elsevier.es/en-revista-tekhne-review-applied-management-350-articulo-payment-types-included-on-technology-S1645991117300129>. Acesso em: 20 jun. 2022.

ROSENBERG, N. *Inside the black box: technology and economics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982. 324 p.

ROTHWELL, R. Towards the fifth-generation innovation process. *International Marketing Review*, v. 11, n. 1, p. 7-31, 1994. DOI: 10.1108/02651339410057491.

SAATY, T. L. *The analytic hierarchy process: planning, priorit setting, resource allocation*. New York: McGraw Hm, 1980. 287p.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990. DOI: 10.1016/0377-2217(90)90057-I. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/037722179090057I>. Acesso em: 16 ago. 2022.

SAATY, T. L. *Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process*. Pittsburgh: RWS Publications, 2000.

SAATY, T. L. An essay on how judgement and measurement are different in science and in decision making. *International Journal of Analytic Hierarchy Process*, v. 1, n. 1, p. 61-62, 2009. DOI: 10.13033/ijahp.v1i1.14. Disponível em: <https://ijahp.org/index.php/IJAHP/article/view/14>. Acesso em: 16 ago. 2022.

SAATY, T. L. Decision-making with the ahp: why is the principal eigenvector necessary. *European Journal of Operational Research*, v. 145, n. 1, p. 85-91, 2003. Disponível em: www.stat.uchicago.edu/~lekheng/meetings/mathofranking/ref/saaty2.pdf. Acesso em: 16 ago. 2022.

SAATY, T. L. Fundamentals of the analytic network process - dependence and feedback in decision-making with a single network. *Journal of Systems science and Systems Engineering*, Springer, v. 13, n. 2, p. 129-157, 2004. DOI: 10.1007/s11518-006-0158-y.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11518-006-0158-y>. Acesso em: 16 ago. 2022.

SAATY, T. The analytic hierarchy and analytic network measurement processes: applications to decisions under risk. *European Journal of Pure and Applied Mathematics*, v. 1, n. 1, p. 122-196, 2008. DOI: 10.29020/nybg.ejpam.v1i1.6. Disponível em: <https://www.ejpam.com/index.php/ejpam/article/view/6>. Acesso em: 6 ago. 2022.

SAFDEL, M.; ANBAZ, M. A.; DARYASAFAR, A.; JAMIALAHMADI, M. Microbial enhanced oil recovery, a critical review on worldwide implemented field trials in different countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 74, p. 159-172, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.045>.

SAIKIA, U. *et al.* A Brief review on the science, mechanism and environmental constraints of microbial enhanced oil recovery (MEOR). *International Journal Chem Tech Research*, v. 5, n. 3, p. 1205-1212, 2013. Disponível em: [https://sphinxsai.com/2013/vol_5_3/pdf/CT=15\(1205-1212\)IPACT.pdf](https://sphinxsai.com/2013/vol_5_3/pdf/CT=15(1205-1212)IPACT.pdf).

SALERNO, M. S.; GOMES, L. A. V. *Gestão da inovação (mais) radical*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

SAMPAIO, I. C. F. *et al.* Composition of Xanthan gum produced by *Xanthomonas campestris* using produced water from a carbonated oil field through Raman spectroscopy. *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology*, v. 213, p. 1-8, 2020. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2020.112052. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1011134420305029?via%3Dihub>. Acesso em: 24 out. 2020.

SAMPAT, B. N. Patenting and US academic research in the 20th century: the world before and after *Bayh-Dole*. *Research Policy*, v. 35, n. 6, p. 772-789, 2006. DOI: 10.1016/j.respol.2006.04.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733306000692>. Acesso em: 3 set. 2020.

SANTOS, D. T. E.; SANTIAGO, L. P. Avaliar x valorar novas tecnologias: desmistificando conceitos. *Radar da Inovação*, Belo Horizonte, v. 1, p. 1-8, 2008a.

SANTOS, D. T. E.; SANTIAGO, L. P. *Métodos de valoração de tecnologias*. Belo Horizonte: Laboratório de Apoio à Decisão e Confiabilidade, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008b.

SANTOS, F. K. D. *Avaliação do comportamento de fluidos micelares na recuperação avançada de petróleo*. 2009. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

SARAFZADEH, P. *et al.* Modification of rock/fluid and fluid/fluid interfaces during MEOR processes, using two biosurfactant producing strains of *Bacillus stearo thermophilus* SUCPM#14 and *Enterobacter cloacae*: a mechanistic study. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, v. 117, p. 457-465, 2014.

SCHAEFFER, P. R.; RUFFONI, J.; PUFFAL, D. Razões, benefícios e dificuldades da interação universidade-empresa. *Revista Brasileira de Inovação*, Campinas, v. 14, n. 1, p. 105-134, 2015. DOI: 10.20396/rbi.v14i1.8649091. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317397177_Razoes_beneficios_e_dificuldades_da_interacao_universidade-empresa. Acesso em: 23 maio 2023.

SCHUH, G.; KLAPPER, S.; HUG, C. Technology balance: technology valuation according to IASB's value in use approach. In: SHERIF, M. H.; KHALIL T. M. *Management of technology innovation and value creation*. New Jersey: World Scientific Publishing Co, 2008. 438p. p. 103-117. v. 2, cap. 7. DOI: 10.1142/6716. Disponível em: <https://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/6716#t=aboutBook>. Acesso em: 21 jun. 2022.

SCHUMPETER, J. A. *A teoria do desenvolvimento econômico*. Tradução Maria Sílvia Possas. São Paulo: Nova Cultural, 1996. (Os Economistas).

SCHUMPETER, J. A. *Capitalismo, socialismo e democracia*. Tradução: Luiz Antônio Oliveira de Araújo. São Paulo: Unesp, 2017. Título original: Capitalism, socialism and democracy (1943).

SCHWARTZMAN, S. Universidades em São Paulo e na federação. *São Paulo em Perspectiva*, v. 2, p. 33-36, out./dez. 1988.

SEDLAK, B. J.; KYLE, G. Small-company & university perspective on medical technology valuation. *Genetic Engineering News*, v. 16, n. 1, 1996.

SEN, R. Biotechnology in petroleum recovery: the microbial EOR. *Progress in Energy and Combustion Science*, v. 34, n. 6, p. 714-724, 2008. DOI: 10.1016/j.pecs.2008.05.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360128508000233>. Acesso em: 3 out. 2020.

SENNA, B. D. de. *Estudo da viabilidade econômica em campos maduros*. 2011. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

SHE, H. *et al.* Recent advance of Microbial Enhanced Oil Recovery (MEOR) in China. *Hindawi Geofluids*, v. 4, p. 1-16, 2019. DOI: 10.1155/2019/1871392. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332309086_Recent_Advance_of_Microbial_Enhanced_Oil_Recovery_MEOR_in_Chinas. Acesso em: 3 out. 2020.

SHIBULAL, B. *et al.* Microbial enhanced heavy oil recovery by the aid of inhabitant spore-forming bacteria: an insight review. *The Scientific World Journal*, v. 16, p. 1-12, 2014. DOI: 10.1155/2014/309159.

SIDORCHUK, R. The concept of “Value” in the theory of marketing. *Asian Social Science*, Richmond Hill, v. 11, n. 9, p. 320-325, 2015. DOI: 10.5539/ass.v11n9p320. Disponível em: <https://ccsenet.org/journal/index.php/ass/article/view/47176>. Acesso em: 1 ago. 2022.

SIEGEL, D. S.; VEUGELERS, R.; WRIGHT, M. Technology transfer offices and commercialization of university intellectual property: performance and policy implication.

Oxford Review of Economic Policy, v. 23, n. 4, p. 640-660, 2007. DOI: 10.1093/oxrep/grm036. Disponível em: <https://academic.oup.com/oxrep/article-abstract/23/4/640/485340>. Acesso em: 13 jan. 2023.

SIEGEL, D. S.; WALDMAN, D. A.; ATWATER, L. E.; LINK, A. N. Commercial knowledge transfers from universities to firms: improving the effectiveness of university–industry collaboration. *Journal of High Technology Management Research*, v. 14, n. 1, p. 111-133, 2003. DOI: 10.1016/s1047-8310(03)00007-5. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1047831003000075>. Acesso em: 14 maio 2023.

SILVA, G. F. da; RUSSO, S. L. (orgs.). *Capacite: os caminhos para a inovação tecnológica*. São Cristóvão: UFS, 2014. 182 p. Disponível em: <http://api.org.br/publicacoes/capacite-2-os-caminhos-para-a-inovacao-tecnologica/>. Acesso em: 14 set. 2021.

SILVA, W. M. D. *et al.* A platform for evaluating rdi projects considering intangible gains in energy industry. *IEEE Latin America Transactions*, v. 14, n. 5, p. 2184-2193, June 2016. DOI: 10.1109/TLA.2016.7530412. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace;handleocumen/handle/10438/19126>. Acesso em: 16 out. 2022.

SIMÕES, L. S. *Panorama da tecnologia MEOR: estratégias para difusão da inovação no setor do petróleo*. 2022. 184 f. Tese (Doutorado em Difusão do Conhecimento) – Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2022.

SIMON, H. From substantive to procedural rationality. *In*: HAHN, F.; HOLLIS, M. *Philosophy and economic theory*. New York: Oxford University Press, 1979. p. 65-86.

SKIBNIEWSKI, M. J.; CHAO, L.-C. Evaluation of advanced construction technology with AHP method. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 118, n. 3, p. 577-593, 1992. DOI: 10.1061/(asce)0733-9364(1992)118:3(577). Disponível em: <http://worldcat.org/oclc/8675438>. Acesso em: 26 abr. 2023.

SMITH, A. *A Riqueza das nações: investigação sobre sua natureza e suas causas*. Tradução: Luiz João Baraúna. São Paulo: Nova Cultural, 1996. 479p. v.1. (Os Economistas).

SMITH, G.; PARR, R. *Valuation of intellectual property and intangible assets*. Third. ed. Hoboken, NJ: John Wiley&Sons, 2000.

SOARES, P. B.; CARNEIRO, T. C. J.; CALMON, J. L.; CASTRO, L.O. da C. de O. Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre tecnologia de construção e edificações na base de dados *Web of Science*. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 175-185, jan./mar. 2016. DOI: 10.1590/s1678-86212016000100067. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/7CmZ3n8FT8R5g93DkW5kzMJ/#>. Acesso em: 15 jan. 2023.

SOHN, S. Y.; MOON, T. H.; KIM, S. Improved technology scoring model for credit guarantee fund. *Expert Systems with Applications*, v. 28, n. 2, p. 327–331, 2005. DOI: 10.1016/j.eswa.2004.10.012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417404001319?via%3Dihub>. Acesso em: 15 jan. 2023.

SPRAKEL, E.; MACHADO, A. Estratégias de inovação aberta e apropriabilidade em serviços empresariais intensivos em conhecimento: evidências e implicações no contexto brasileiro. *Brazilian Business Review*, João Pessoa, v. 18, n. 1, p. 62-81, 2020. Disponível em: <http://www.spell.org.br/documentos/>. Acesso em: 12 mar. 2022.

STEINGRABER, R.; FERNANDEZ GARCIA, R. A racionalidade limitada de Herbert Simon na microeconomia. *Revista Sociedade Brasileira de Economia Política*, São Paulo, n. 34, p. 123-162, fev. 2013. Disponível em: <https://revistasep.org.br/index.php/SEP/article/view/5>. Acesso em: 21 abr. 2022.

STRATTON, S. J. Literature reviews: methods and applications. *Prehospital and Disaster Medicine*, v. 34, n. 4, p. 347-349, Aug. 2019. DOI: 10.1017/s1049023x19004588. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/70581E0B68B491693E8360DE39E0D6E4/S1049023X19004588a.pdf/literature_reviews_methods_and_applications.pdf. Acesso em: 1 ago. 2022.

SUNG, T.-E.; PARK, H.-W. The adequacy of volatility for the elaboration of technology valuation based on real options. *Technology Analysis & Strategic Management*, v. 31, n. 1, p. 1-24, 2018. DOI: 10.1080/09537325.2018.1476683. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537325.2018.1476683?journalCode=ctas20>. Acesso em: 18 jan. 2023.

ŠVAČINA, P. An empirical analysis of factors affecting prices of intangible assets: a preliminary testing in consumer durables sector. *Prague Economic Papers*, v. 24, n. 3, p. 354-363, 2015. DOI: 10.18267/j.pep.523. Disponível em: <http://pep.vse.cz/pdfs/pep/2015/03/07.pdf>. Acesso em: 21 out. 2021.

TAMALA, J. K.; MARAMAG, E. I.; SIMEON, K. A.; IGNACIO, J. J. A bibliometric analysis of sustainable oil and gas production research using VOSviewer. *Cleaner Engineering and Technology*, v. 7, n. 5, p. 1-9, Apr. 2022. DOI: 10.1016/j.clet.2022.100437. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666790822000428>. Acesso em: 15 set.2022.

TEECE, D. J. Economic analysis and strategic management. *California Management Review*, v. 26, n. 3, p. 87-110, 1984. DOI: 10.2307/41165082. Acesso em: 1 ago. 2022.

TEECE, D. J. *Managing intellectual capital: organizational, strategic, and policy dimensions*. Oxford: Oxford University Press, 2002. 300p.

TEECE, D. J. Technology transfer by multinational firms: the resource cost of transferring technological know-how. *The Economic Journal*, v. 87, n. 346, p. 242-261, June 1977. DOI: 10.2307/2232084. Disponível em: <https://academic.oup.com/ej/article-abstract/87/346/242/5220693>. Acesso em: 21 dez. 2022.

TERRY, E. R. Enhanced oil recovery. In: MAYERS, A. R. (ed.). *Encyclopedia of Physical Science and Technology*. Third edition California: Elsevier, 2001. p. 503-518. v. 18. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/referencework/9780122274107/encyclopedia-of-physical-science-and-technology>. Acesso em: 18 dez. 2021.

THOMA, G. The valuation of patent-trademark pairing as ip strategy: evidence from the USPTO. *Industry and Innovation*, v. 27, n. 1-2, p. 80-104, 2019. DOI: 10.1080/13662716.2019.1633281. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13662716.2019.1633281>. Acesso em: 16 out. 2022.

THORN, V. *et al.* Internal technology valuation: real world issues. *International Journal Technology Management*, v. 53, n. 2-4, p. 49-160, 2011. DOI: 10.1504/ijtm.2011.038588. Disponível em: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJTM.2011.038588>. Acesso em: 16 mar. 2022.

TIGRE, P. B. Inovação e teorias da firma em três paradigmas. *Revista de Economia Contemporânea*, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 67-111, jan./jun. 1998. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rec/article/view/19591>. Acesso em: 21 jan. 2023.

TINÔCO, D.; GENIER, H. L. A.; DA SILVEIRA, W. B. Technology valuation of cellulosic ethanol production by *Kluyveromyces marxianus* CCT 7735 from sweet sorghum bagasse at elevated temperatures. *Renewable Energy*, v. 173, n. 173, p. 188-196, Aug. 2021. DOI: 10.1016/j.renene.2021.03.132. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148121004961>. Acesso em: 18 fev. 2023.

TIPPING, J. W.; ZEFFREN, E.; FUSFELD, A. R. Assessing the value of your technology. *Research Technology Management*, v. 38, n. 5, p. 22-39, 1995. DOI: 10.1080/08956308.1995.11674292. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08956308.1995.11674292>. Acesso em: 29 jan. 2020.

UDOSOH N. E.; NWAHOHA T. C. Demonstration of MEOR as an alternative enhanced oil recovery technique in Nigeria offshore oilfield. *Journal of Mechanical and Energy Engineering*, v. 4, n.3, p. 277-284, September 2020. DOI: 10.30464/jmee.2020.4.3.277. Disponível em: [https://dlibra.tu.koszalin.pl/Content/1507/2020_JME4\(44\)%20No%203_277-284.pdf](https://dlibra.tu.koszalin.pl/Content/1507/2020_JME4(44)%20No%203_277-284.pdf). Acesso em: 21 maio 2023.

UNCTAD. *Transfer of technology 2001*. New York; Geneva: United Nations, 2001. 135p. (UNCTAD Series on issues in international investment agreements). Disponível em: <https://unctad.org/system/files/official-document/psiteiidtd28.en.pdf>. Acesso em: 23 out. 2022.

UPSTILL, G.; SYMINGTON, D. Technology transfer and the creation of companies: the CSIRO experience. *R&D Management*, v. 32, n. 3, p. 233-239, 2022. DOI: 10.1111/1467-9310.00256. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1467-9310.00256>. Acesso em: 4 jun. 2023.

VALDIVIA, M.; GALAN, J. L.; LAFFARGA, J.; RAMOS, J.-L. A research and technology valuation model for decision analysis in the environmental and renewable energy sectors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 122, n. 15, p. 1-11, 2020. DOI: 10.1016/j.rser.2020.109726. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0172219017300959>. Acesso em: 16 jan. 2023.

VEGA-GONZÁLEZ, L. R. *et al.* Technology valuation of a scanning probe microscope developed at a university in a developing country. *Technovation*, v. 30, n. 9-10, p. 533-539, 2010. DOI: 10.1016/j.technovation.2010.06.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166497210000659>. Acesso em: 25 ago. 2022.

VEGA-GONZÁLEZ, L. R.; BLESA, J. M. S. Valuation methodology for technology developed at academic R&D groups. *Journal of Applied Research and Technology*, v. 8, n. 1, p. 26-43, 2010. DOI: 10.22201/icat.16656423.2010.8.01.470. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/474/47412950002.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2021.

VERBANO, C.; CREMA, M. Measuring IC following a semi-qualitative approach: an integrated framework. *Intangible Capital*, v. 9, n. 3, p. 539-558, 2013. DOI: 10.3926/ic.427. Disponível em: <https://www.intangiblecapital.org/index.php/ic/article/view/427/347>. Acesso em: 07 jan. 2023.

VIOTTI, E. B.; MACEDO, M. M. (orgs.). *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil*. Campinas: Unicamp, 2003. 616p.

VISHWASRAO, S. Royalties vs. fees: How do firms pay for foreign technology? *International Journal of Industrial Organization*, v. 25, n. 4, p. 741-759, 2007. DOI: 10.1016/j.ijindorg.2006.07.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016771870600110X>. Acesso em: 25 maio 2023.

VOLK, H.; HENDRY, P. Recovery: fundamental approaches and principles of microbially enhanced oil recovery. In: TIMMIS, K. N. (ed.). *Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2010. p. 2727-2738. DOI: v10.1007/978-3-540-77587-4_202.

XIA, W.-J.; DONG, H.-P.; YU, L.; YU, D.-F. Comparative study of biosurfactant produced by microorganisms isolated from formation water of petroleum reservoir. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 392, n. 1, p. 124-130, 2011. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2011.09.044. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927775711006169>. Acesso em: 21 jun. 2020.

YERNAZAROVA, A.; KAYIRMANOVA, G.; BAUBEKOVA, A.; ZHUBANOVA, A. Microbial enhanced oil recovery. In: ROMERO-ZERÓN, L. (ed.). *Chemical enhanced oil recovery (cEOR): a practical overview*. London: IntechOpen, 2016. p. 147-167. cap. 5. DOI: 10.5772/61394. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/51915>. Acesso em: 11 nov. 2023.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

YUN, D. S.; PARK, I.; YOON, B. Development of a technology valuation method for buyers in technology transfer. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, v. 17, n. 11, p. 155-167, 2016. DOI: 10.5762/KAIS.2016.17.11.155. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315632421_Development_of_a_technology_valuation_method_for_buyers_in_technology_transfer. Acesso em: 26 abril 2023.

WAHAB, S. A.; ROSE, R. C.; JEGAK, U; ABDULLAH, H. A review on the technology transfer models: knowledge-based and organizational learning models on technology transfer. *European Journal of Social Sciences*, v. 10, n. 4, p. 550-564, 2009. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1949149. Acesso em: 16 out. 2022.

WAHAB, S. A.; ROSE, R. C.; OSMAN, S. I. W. Defining the concepts of technology and technology transfer: a literature analysis. *International Business Research*, v. 5, n. 1, p. 61-71, January 2012. DOI: 10.5539/ibr.v5n1p61. Disponível em: <https://www.ccsenet.org/journal/index.php/ibr/article/view/13847>. Acesso em: 18 abr. 2022.

WALRAS, L. *Compêndio dos elementos de economia política pura*. Tradução: João Guilherme Vargas Netto. São Paulo: Nova Cultural, 1996. 347p. (Os Economistas).

WANG, B.; EDMONDSON, J. C. About technology valuation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY MANAGEMENT, 14., 2014. *Proceedings* [...]. Portland: IEEE, 2014. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6921310>. Acesso em: 19 jan. 2023.

WANG, B.; HSIEH, C.-H. Measuring the value of patents with fuzzy multiple criteria decision making: insight into the practices of the Industrial Technology Research Institute. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 92, p. 263-275, 2015. DOI: Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162514002856>. Acesso em: 26 fev. 2023.

WANG, X.; GARCIA, F.; GUIJARRO, F.; MOYA, I. Evaluating patent portfolios by means of multicriteria analysis. *Revista de Contabilidade*, v. 14, n. 1, p. 9-27, January 2011. DOI: 10.1016/S1138-4891(11)70020-6. DOI: 10.1016/j.techfore.2014.09.015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1138489111700206>. Acesso em: 26 abr. 2023.

WHITWELL, G. J.; LUKAS, B. A.; HILL, P. Stock analysts' assessments of the shareholder value of intangible assets. *Journal of Business Research*, v. 60, n. 1, p. 84-90, 2007. DOI: 10.1016/j.jbusres.2006.09.017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0148296306001445>. Acesso em: 6 ago. 2022.

WILLIAMSON, O. E. *The economic institutions of capitalism: firms, markets and relational contracting*. New York: The Free Press, 1985.

WIPO - World Intellectual Property Organization. *Successful technology licensing*. Genebra: WIPO, 2004. 50p. DOI: 10.34667/tind.35080. Disponível em: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=296&plang=EN>. Acesso em: 20 maio 2022.

WIPO - World Intellectual Property Organization. *Understanding copyright and related rights*. 2nd edition Geneva: WIPO, 2016. 40p. Disponível em: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_909_2016.pdf. Acesso em: 02 ago. 2022.

WIPO - World Intellectual Property Organization; ITC - International Trade Centre. *Exchanging value: negotiating technology licensing agreements*. Genebra: WIPO/ITC, 2005.

182p. DOI: 10.34667/tind.35080. Disponível em:
<https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=291&plang=EN>. Acesso em: 20 maio 2022.

WOO, J. *et al.* Developing an improved risk-adjusted net present value technology valuation model for the biopharmaceutical industry. *Journal Open Innovation: Technological Market Complexity*, v. 5, n. 3, p. 1-19, 2019. DOI: 10.3390/joitmc5030045. Disponível em:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2199853122009829?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=7d225f75dace2565. Acesso em: 16 out. 2022.

WOOD, D. A. Microbial improved and enhanced oil recovery (MIEOR): review of a set of technologies diversifying their applications. *Advances in Geo-Energy Research*, v. 3, n. 2, p. 122-140, 2019. DOI: 10.26804/ager.2019.02.02.

WORLD ECONOMIC FORUM. *The Global Competitiveness Report 2017-2018*. Geneva: WEF, 2017. 379p. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2017-2018>. Acesso em: 14 out. 2022.

WU, M.-C. Antecedents of patent value using exchange option models: evidence from a panel data analysis. *Journal of Business Research*, v. 64, n.1, p. 81-86, 2011. DOI: 10.1016/j.jbusres.2009.12.006. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0148296309003166>. Acesso em: 16 out. 2022.

WU, B. *et al.* Biosurfactant production by *Bacillus subtilis* SL and its potential for enhanced oil recovery in low permeability reservoirs. *Scientific Reports*, v. 12, n. 7785, p. 1-10, 2022. DOI: 10.1038/s41598-022-12025-7. Disponível em:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9095834/>. Acesso em: 20 jan. 2023.

WYATT, A. What financial and non-financial information on intangibles is value relevant? a review of the evidence. *Accounting and Business Research*, v. 38, n. 3, p. 217-256, 2008. DOI: 10.2139/ssrn.1103443. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=1103443>. Acesso em: 3 ago 2022.

ZHANG, J.; GAO, H.; XUE, Q. Potential applications of microbial enhanced oil recovery to heavy oil. *Critical Reviews in Biotechnology*, v. 40, n. 4, p. 459-474, 2020. DOI: 10.1080/07388551.2020.1739618.

ZOBELL, C. E. *Bacteriological process for treatment of fluid-bearing earth formations*. United States, US Patent 2413278, 1946.

ZOBELL, C. E. Bacterial release of oil from oil-bearing materials. *World Oil*, n. 26, p. 36-47, 1947.

ZUPIC, I.; ČATER, T. Bibliometric methods in management and organization. *Organizational Research Methods*, v. 18, n. 3, p. 429-472, 2015. Disponível em:
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7270671/mod_folder/content/0/Zupic%20%20Cater%202015%20-%20Bibliometric%20Methods.pdf. Acesso em: 20 dez. 2022.

APÊNDICE A - Currículo dos Especialistas

Identificação	Formação Profissional	Área de Atuação	Experiência com Tecnologia e Empreendedorismo
Especialista A Ubuntu	Engenheiro de Petróleo e Gás.	Gestão de empresa de produção de petróleo e gás em campo petrolífero.	
Especialista B UESB	Graduação (1998) e mestrado (2001) em Engenharia Mecânica (UFP) e doutorado (2008) em Engenharia Mecânica (UFMG). Pós-doutorado EM Desenvolvimento e Meio Ambiente (2014-2015) (UESC)	Professor em cursos de graduação e pós-graduação nos cursos de Engenharia de Alimentos e Engenharia Ambiental da UESB. Professor vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PPGDMA) da UESC	Atua na área de Engenharia e Ciências Ambientais, na linha de pesquisa “Desenvolvimento de Tecnologias e Soluções para o Desenvolvimento Sustentável”. membro da <i>Advances in Cleaner Production Network</i> (ACPN), da Rede de Pesquisa em Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (RAICV) e da Rede Brasileira de Tecnologias Limpas (RBTL)
Especialista C UESC	Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1995), mestrado em Ciência Animal e Pastagens pela Universidade de São Paulo (1999), doutorado em Física do Ambiente Agrícola pela Universidade de São Paulo (2004) e pós-doutorado pela Universidade da Califórnia (UC Davis).	Professora titular da Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, onde atua na área de Bovinos Leiteiros.	Coordenação do Núcleo de Inovação Tecnológica – NIT.
Especialista D UNEB	Graduação em Direito e Economia. Pós-Doutor Direito (UFSC). Doutor e Mestre em Educação (UFBA).	Professor em cursos de graduação e pós-graduação da UNEB.	Coordenador da Agência UNEB de Inovação Gestor de Projetos Sociais. Certificação PMD Pro/APMG
Especialista E UFRB	Doutor e Mestre em Ciência da Propriedade Intelectual pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), Bacharel em Administração de Empresas (UNIJORGE), licenciado em História pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB).	Consultor empresarial, Professor em cursos de graduação e do Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT) na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).	Inventor, com 8 patentes requeridas e uma Marca registrada no INPI. Consultor na redação de mais de 50 pedidos de patentes e no registro de mais de 170 Marcas. Certificado por agências nacionais e Internacionais como o Instituto Nacional de Propriedade Industrial, FORTEC, Rede NIT-NE, SEBRAE e World Intellectual Property Organization, com formação complementar em Gestão de Projetos, Empreendedorismo, Gestão

			de Agências de inovação, Estruturação dos NIT e Patentes e Busca de Anterioridade.
Especialista F Uefs	Doutor em Engenharia Elétrica pela Unicamp (2011) e mestre em Engenharia Elétrica pela Unicamp (2004), com pesquisas em Inteligência Artificial. Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Bahia (2000), graduação em Processamento de Dados pela Faculdade Ruy Barbosa (1997).	Professor da Universidade Estadual de Feira de Santana, atuando na graduação em Engenharia de Computação (UEFS) e no mestrado em Ciência da Computação (UEFS). Tem experiência na área de Engenharia e Ciência da Computação, com ênfase em Inteligência Artificial, atuando em pesquisa principalmente nos seguintes temas: ciência de dados, mineração de dados e textos, aprendizado de máquina, humanidades digitais, cognição artificial, sistemas cognitivos incluindo representação e comunicação e aplicações interdisciplinares da computação	Atua em educação empreendedora, geração de startups, inovação tecnológica e transferência de tecnologia, seja no Núcleo de Inovação Tecnológica da UEFS. Participa do programa Feira Empreende, programa interinstitucional de desenvolvimento do ambiente de negócios e de novos negócios na região de Feira de Santana. Integrante da Rede de Educação Empreendedora de Feira de Santana e da comunidade de startups Santana Valley.

Fonte: elaboração do autor.

APÊNCIDE B - Análise de Viabilidade Econômica sem e com MEOR

EM MEOR Cenário com o barril a 70 dólares

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quantidade		1214225,65	1080659,74	961788,12	855991,47	761832,16	678031,53	603447,20	537068,51	477991,54	425412,31
Preço		0,440306957	0,440306957	0,440306957	0,440306957	0,440306957	0,440306957	0,440306957	0,440306957	0,440306957	0,440306957
Receitas		R\$ 534.632,00	R\$ 475.822,00	R\$ 423.482,00	R\$ 376.899,00	R\$ 335.440,00	R\$ 298.542,00	R\$ 265.702,00	R\$ 236.475,00	R\$ 210.463,00	R\$ 187.312,00
Custos Totais		R\$ 154.500,00	R\$ 132.450,00	R\$ 113.820,00	R\$ 98.108,00	R\$ 84.889,00	R\$ 73.803,00	R\$ 64.544,00	R\$ 56.856,00	R\$ 50.520,00	R\$ 45.352,00
Lucro Bruto		R\$ 380.132,00	R\$ 343.372,00	R\$ 309.662,00	R\$ 278.791,00	R\$ 250.551,00	R\$ 224.739,00	R\$ 201.158,00	R\$ 179.619,00	R\$ 159.943,00	R\$ 141.960,00
Lucro Tributável		R\$ 380.132,00	R\$ 343.372,00	R\$ 309.662,00	R\$ 278.791,00	R\$ 250.551,00	R\$ 224.739,00	R\$ 201.158,00	R\$ 179.619,00	R\$ 159.943,00	R\$ 141.960,00
Impostos		R\$ 152.053,00	R\$ 137.348,98	R\$ 123.864,96	R\$ 111.516,55	R\$ 100.220,53	R\$ 89.895,72	R\$ 80.463,31	R\$ 71.847,69	R\$ 63.977,28	R\$ 56.784,07
Lucro Líquido	-820000,00	R\$ 228.079,00	R\$ 206.023,02	R\$ 185.797,04	R\$ 167.274,45	R\$ 150.330,47	R\$ 134.843,28	R\$ 120.694,69	R\$ 107.771,31	R\$ 95.965,72	R\$ 235.175,93

TMA 15%

VPL R\$ 44.321,48

TIR 16,81%

Queda de produção anual 11% 11% 11% 11% 11% 11% 11% 11% 11% 11% 11%

COM MEOR

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quantidade		1578493,34	1404857,66	1250324,56	1112788,91	990381,81	881440,99	784481,36	698189,06	621389,00	553036,00
Preço		0,440306957	0,440306957	0,440306957	0,440306957	0,440306957	0,440306957	0,440306957	0,440306957	0,440306957	0,440306957
Receitas		R\$ 695.021,60	R\$ 618.568,60	R\$ 550.526,60	R\$ 489.968,70	R\$ 436.072,00	R\$ 388.104,60	R\$ 345.412,60	R\$ 307.417,50	R\$ 273.601,90	R\$ 243.505,60
Custos Totais		R\$ 154.500,00	R\$ 132.450,00	R\$ 113.820,00	R\$ 98.108,00	R\$ 84.889,00	R\$ 73.803,00	R\$ 64.544,00	R\$ 56.856,00	R\$ 50.520,00	R\$ 45.352,00
Lucro Bruto		R\$ 540.521,60	R\$ 486.118,60	R\$ 436.706,60	R\$ 391.860,70	R\$ 351.183,00	R\$ 314.301,60	R\$ 280.868,60	R\$ 250.561,50	R\$ 223.081,90	R\$ 198.153,60
Lucro Tributável		R\$ 540.521,60	R\$ 486.118,60	R\$ 436.706,60	R\$ 391.860,70	R\$ 351.183,00	R\$ 314.301,60	R\$ 280.868,60	R\$ 250.561,50	R\$ 223.081,90	R\$ 198.153,60
Impostos		R\$ 216.208,92	R\$ 194.447,70	R\$ 174.682,87	R\$ 156.744,49	R\$ 140.473,38	R\$ 125.720,81	R\$ 112.347,59	R\$ 100.224,73	R\$ 89.232,88	R\$ 79.261,54
Lucro Líquido	-820000,00	R\$ 324.312,68	R\$ 291.670,90	R\$ 262.023,73	R\$ 235.116,21	R\$ 210.709,62	R\$ 188.580,79	R\$ 168.521,01	R\$ 150.336,77	R\$ 133.849,02	R\$ 268.892,06

TMA 15%

VPL R\$ 341.366,04

TIR 28,80%

150000

APÊNDICE C - Análise do Fator Grau de Inovação

Grau de Inovação				
Critérios	Explicação	Entendimento	Justificativa	Pontuação
<p style="text-align: center;">APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA</p> <p>Quão melhor é essa tecnologia do que a que já está disponível? (Razgaitis, 2007).</p>	<p>Trata-se de uma tecnologia com potencial de se tornar inovação? Possui diferenciais como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aprimoramento de produção (custos baixos); - melhora de características já existentes; - os componentes de produção são novos ou mais eficientes que os tradicionais. <p>Existe um produto no mercado que a tecnologia se propõe a substituir?</p>	0 - Sem informação para suportar uma análise;	<p>Considerando a tecnologia em análise, pode-se classificá-la como potencial de inovação incremental. Trata-se de um método altamente inovador em relação aos tradicionais, mas que carece de validação no mercado real. O método aqui proposto servirá para compor o sistema de produção de petróleo bruto, sendo parte fundamental para recuperação de óleo residual retido nos reservatórios em campos maduros. O método MEOR É é aplicado em todo o mundo.</p>	30
		10 - A tecnologia não oferece diferencial;		
		20 - Trata-se de um potencial inovação, mas sem diferenças significativas (produção, custos etc.) em relação aos produtos concorrentes;		
		30 - Potencial de inovação com boas evidências de funcionalidade em ambientes reais;		
		40 - Potencial de Inovação com comprovação de funcionalidade e alta demanda mercadológica.		
<p style="text-align: center;">PROTEÇÃO</p> <p>A análise da patente ou segredo comercial é usada para medir a força da proteção legal de uma tecnologia. Quanto mais forte a proteção legal, mais valiosa a tecnologia em questão se torna (Hung e Tseng, 2010).</p>	<p>Possui algum dispositivo de proteção (patente, segredo industrial etc.)? Quanto mais forte a proteção, melhor.</p>	0 - Sem informação para suportar uma análise;	<p>Tecnologia de cotitularidade da empresa Petrogal, IFBA E UFBA. Pedido de patente em exame ni INPI (depositado em 17/04/2017). Além disso, já foi realizado o depósito de pedido de patente a nível internacional (PCT - 16/04/2018).</p>	40
		10 - A tecnologia não é passível de nenhum tipo de proteção, mas possui complexidade de produção;		
		20 - A tecnologia é passível de proteção e possui alguma complexidade de produção;		
		30 - Já possui pedido de patente/ já protegida no país ou complexa produção;		
		40 - Já protegida em diversos países, alta complexidade de produção e possuidora de segredos industriais, faz parte de uma família de patentes.		
<p style="text-align: center;">PLATAFORMA TECNOLÓGICA</p> <p>Refere-se aos tipos de produtos que podem ser gerados a partir da tecnologia em questão - (Park e Park, 2004)</p>	<p>Quanto maior for a capacidade da tecnologia ser uma plataforma tecnológica, melhor é o seu potencial de transferência.</p>	0 - Sem informação para suportar uma análise;	<p>De acordo com a percepção dos pesquisadores, ao se avaliar o equipamento composto pelas 11 tecnologias, podemos classificá-las em quatro níveis de relevância distintos. São eles, da maior para a menor relevância na composição do produto: sonda principal, sondas, métodos e software. Como o presente pedido de patente diz respeito a um dos métodos, atribuiu-se uma nota correspondente a esse nível de relevância na concepção do produto, conforme especificado pelo inventor. Traduzindo-se assim em um potencial plataforma.</p>	40
		10 - Tecnologia bastante incipiente, sem testes em ambientes reais com possibilidades de aplicações difusas;		
		20 - Testes iniciais em ambientes de controle (laboratório) já feitos, ainda sem evidências de possibilidade para uma plataforma tecnológica;		
		30 - Delineamento de produção já estruturado, a partir de testes em laboratório e campo, mas sem potencial de existência de uma plataforma tecnológica;		

		40 - Tecnologia com grande potencial de uma plataforma tecnológica, com validação em ambiente real.		
<p>MATURIDADE TECNOLÓGICA Estudar a tecnologia e a consistência de comparação por meio do grau de desenvolvimento da tecnologia (Mankins, 1995).</p>	<p>Identificar o quanto a tecnologia precisa de investimento para se transformar em produto</p>	0 - Sem informação para suportar uma análise;	<p>O desenvolvimento da tecnologia foi parte de um projeto que resultou no pedido de proteção de patente, tendo como cotitulares a UFGM, IVISION SISTEMAS DE IMAGEM E VISÃO S.A, e o INMETRO. O INMETRO contribuiu, no projeto, para avanços em metrologia e confiabilidade em medições, além de estar relacionado a ações de regulamentação em nanotecnologia. Para desenvolvimentos posteriores da tecnologia, também já está sendo firmado um acordo de com desenvolvimento entre DCC/Embrapii/UFGM, CODEMIG e Senai/Cimatec para desenvolvimento da PI prévia visando a produção do dispositivo comercial, com previsões de investimento por parte dos parceiros, da ordem de 10 milhões de reais.</p>	30
		10 - Noções básicas de informações de maturidade, apenas apontamentos de custos em escala laboratorial;		
		20 - Operações em escala bancada, mas sem capacidade de atender informações de demanda por um <i>share</i> considerável;		
		30 - Estudos avançados para um desenvolvimento a partir do nível 6 da TRL, testes de produção próximos aos ambientes de campo ou controlado.		
		40 - Informações concluídas, testes de produção em escala de ambientes reais, estudos de viabilidade financeira concluídos, TRL próximo a 8 e 9		
<p>VALIDAÇÕES E TESTES Quais os ambientes de funcionamento da Tecnologia? (Oliveira, 2020).</p>	<p>A tecnologia resolve um problema identificado e real? As validações em testes (bancada, campo, parcerias em unidades de produção <i>etc.</i>) são satisfatórias?</p>	0 - Sem informação para suportar uma análise;	<p>Considerando o estágio atual de desenvolvimento da tecnologia, já existem evidências técnicas que demonstram a sua eficiência na resolução do problema identificado e real, atuando no aumento da escala de observação microscópica, migrando para uma escala nanométrica. Um protótipo já foi desenvolvido, testado e replicado em laboratório, sendo necessário agora testes para aplicação em escala industrial.</p>	30
		10 - Sem testes em ambientes de funcionalidade (laboratório, estudo de campo <i>etc.</i>);		
		20 - Evidências de funcionalidade em testes laboratoriais;		
		30 - Bom desempenho em testes laboratoriais e campo;		
		40 - Testes validados em laboratório, campo e alto potencial de mercado.		

APÊNDICE D – Análise do Fator Capacidade Técnica, Científica e Empreendedora

CAPACIDADE TÉCNICA, CIENTÍFICA E EMPREENDEDORA DA EQUIPE				
Crítérios	Explicação	Entendimento	Justificativa	Pontuação
<p style="text-align: center;">CARACTERÍSTICAS EMPREENDEDORAS</p> <p>A identificação da tecnologia com potencial de inovação, depende fortemente do pesquisador, dentre outras habilidades, de sua capacidade em perceber oportunidades de negócio - (Araújo <i>et al.</i>, 2005).</p>	<p>Analisa-se a inquietude (a vontade aplicada) da equipe em relação ao objetivo de desenvolvimento da tecnologia.</p>	0 - Sem informação para suportar uma análise;	<p>O Laboratório onde a invenção foi desenvolvida prima pela realização de pesquisa considerando o potencial de inserção mercadológica e, neste sentido, verificou uma oportunidade de negócio promissora na área de microscopia ótica. Assim, se anteciparam, estruturando um possível modelo de negócio, visando a criação de uma empresa startup para a exploração comercial deste pedido de patente, associada a outras, para a composição de um produto comercial. Verifica-se que os pesquisadores estão bastante integrados com relação à capacidade de suas tecnologias no mercado, apresentando informações, quando solicitados, que nos permitem verificar o caráter empreendedor e estratégico da equipe.</p>	20
		10 - A equipe analisa a tecnologia apenas com fins acadêmicos;		
		20 - Equipe possui algumas características empreendedoras, mas não vê relevância nestas características;		
		30 - Entende a importância de transformar a tecnologia em produto, já possuindo até parcerias com empresas/parceiros;		
		40 - Reconhecimento de mercado, parcerias estratégicas, investimento em estudos de viabilidade e formação empreendedora.		
<p style="text-align: center;">AFINIDADES COM A TECNOLOGIA</p> <p>Os conhecimentos individuais ajudam a complementar o valor intangível da tecnologia. Habilidades individuais (conhecimento técnico, histórico intelectual, inovações e ideias) fazem parte do processo de conhecimento intelectual aplicado ao desenvolvimento do ativo - (Dalkir, 2005).</p>	<p>Demonstrar as experiências de pesquisa do pesquisador principal, ou seja, o histórico profissional em relação ao desenvolvimento da tecnologia.</p>	0 - Sem informação para suportar uma análise;	<p>O grupo de pesquisadores é referência no Brasil e no mundo nas pesquisas relacionadas à microscopia ótica. Além disso, já possuem um conjunto de 11 tecnologias associadas, compondo o <i>portfolio</i> de nano-espectroscopia. O pesquisador principal, professor Ado Jorio de Vasconcelos, figura como um dos 5 cientistas brasileiros mais influentes do mundo, segundo o levantamento <i>The World's Most Influential Scientific Minds</i> (Mentes Científicas Mais Influentes do Mundo), divulgado pela Thomson Reuters, maior conglomerado de produção de informações especializadas do mundo. Além disso, no ano de 2018 ele foi vencedor do Prêmio Bom Exemplo (realizado pela Globo Minas, em parceria com a Fundação João Cabral, a Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (Fiemg) e o jornal O Tempo) na categoria Ciência, tendo suas pesquisas em microscopia como destaque. (https://globoplay.globo.com/v/6600212/).</p>	10
		10 - A tecnologia é oriunda de áreas sem afinidade com a experiência de pesquisa e investigação da equipe. Portanto, falta amadurecimento da equipe para o assunto da tecnologia;		
		20 - Tecnologia com afinidade da experiência do pesquisador; mas ainda incipiente em relação à busca de parcerias para desenvolvimento;		
		30 - Tecnologia oriunda de anos de pesquisas, com teses e dissertações em áreas afins, aprovações em editais de fomento;		
		40 - A equipe possui vasta experiência, possui várias aprovações em entidades de fomento, premiações e reconhecimento sólido perante a comunidade científica.		
<p style="text-align: center;">INTERAÇÃO E COMPARTILHAMENTO</p> <p>No processo de T.T é importante o suporte relativo à tecnologia oferecida pelo licenciante (Chiu e Chen, 2007).</p>	<p>Neste item verifica-se o grau de desprendimento da equipe em relação ao repasse de informações na T. T.</p>	0 - Sem informação para suportar uma análise;	<p>A equipe tem plena consciência que a tecnologia deve chegar ao mercado, para tanto eles estão dispostos a licenciar, ceder e até empreender. Em entrevista com o pesquisador principal, ficou evidente a intenção do mesmo em disponibilizar o produto para a sociedade. Inclusive, ele destacou a necessidade de se existir uma gestão do conhecimento, no sentido de descentralizar o domínio do</p>	20
		10 - A equipe reconhece o potencial da tecnologia, mas não demonstra interesse em transferir ou empreender;		
		20 - Interesse em transferência da tecnologia, mas com restrições em repasse de informações importantes ao parceiro;		

CAPACIDADE TÉCNICA, CIENTÍFICA E EMPREENDEDORA DA EQUIPE				
Crerios	Explicao	Entendimento	Justificativa	Pontuao
		30 - Interesse em transferncia da tecnologia e descentralizao das informaes (o pesquisador principal segmenta o trabalho);	funcionamento da tecnologia, para que o seu desenvolvimento no dependa exclusivamente de uma nica pessoa.	
		40 - Interesse amplo na transferncia, segmentao de trabalho, possui bons histricos de negociaes efetivadas ou encaminhamento slido para empreendimento prprio.		
PRODUO ACADÊMICA Pesquisadores com bons indicadores de produtividade cientfica, so os mais propensos a se tornarem inventores (Breschi, Lissoni e Montobbio, 2008).	Anlise do currculo, histrico de patentes ou desenvolvimento de tecnologias.	0 - Sem informao para suportar uma anlise;	O grupo altamente qualificado e obteve vrios resultados expressivos em microscopia de campo prximo, possuindo centenas de publicaes e depsito de vrias patentes na rea, alm das premiaes citadas acima. Assim como avaliado no critrio acima, percebemos que a equipe entende o potencial e quao bem tal tecnologia trar a sociedade, j que parte fundamental para a composio do dispositivo de microscopia ptica proposto, cujos benefcios e aplicaes so bem explicitadas pelos pesquisadores.	10
		10 - Formao tcnica incipiente, pouca experincia na rea da tecnologia proposta;		
		20 - Boa formao tcnica, mas produtividade acadmica incipiente;		
		30 - Boa formao tcnica, experincia acadmica (boa produo) e mercadolgica (consultoria, servios especializados, empresas etc.) na rea da tecnologia;		
		40 - Boa formao tcnica, experincia acadmica e mercadolgica (consultoria, servios especializados, empresas etc.) na rea da tecnologia e bom histrico em registro de P.I.		
POTENCIAL DA TECNOLOGIA PELO CAPITAL RELACIONAL Incorporao de conhecimento por meio da relao com diferentes agentes sociais e mercadolgicos (Leitner, 2005).	Entendimento claro do potencial, ou seja, pontos fortes e fracos da tecnologia e maneira como se da a abertura para melhoras.	0 - Sem informao para suportar uma anlise;	Apurou-se, com base na diligncia da valorao, que a equipe possui domnio sobre o potencial da tecnologia, pois, alm do esforo de transformar a tecnologia em um produto, a equipe se mantm motivada e esforada para viabilizar o negcio, apresentando inmeras possibilidades de aplicao e afirmando a importncia da tecnologia como inovao radical. Alm disso, nota-se a percepo dos pesquisadores em relao aos pontos que devem ser aprimorados e aos prximos estgios de desenvolvimento do produto final, que ser feito por meio de parceria j em andamento entre diferentes instituies .	20
		10 - Equipe com entendimento da Tecnologia bastante incipiente, sem estudos de potencial de funcionalidade e mercado;		
		20 - Potencial tecnolgico baseado em produtos substitutos;		
		30 - Reconhecimento profundo sobre o potencial, subsidiado por informaes tcnicas em ambientes prximos ao mercado da tecnologia;		
		40 - Reconhecimento sobre o potencial, investimento em testes de ambientes reais, investimento em questes mercadolgicas		
Total				80,00

APÊNDICE E – Análise do Fator Mercado

TVT - MERCADO				
Critérios	Explicação	Entendimento	Justificativa	Pontuação
<p style="text-align: center;">DESCRIÇÃO DO MERCADO</p> <p>Levantar informações relevantes sobre o mercado disponível da tecnologia pode ser uma tarefa árdua, pois, muitas vezes, as informações sobre transações de terceiros envolvendo propriedades semelhantes são escassas - (Smith e Parr, 2000) Em algumas tecnologias, principalmente aquelas com potencial de inovação radical, podem conter insumos restritos ou mesmo gerar produtos que sem a regulamentação comercial necessária - (Razgaitis, 2007).</p>	<p>É possível identificar o mercado de atuação? Quanto mais próxima da comercialização, menores são as incertezas comerciais da tecnologia.</p>	<p>0 - Sem informação para suportar uma análise;</p> <p>10 - Tecnologia em estado incipiente, com boa probabilidade de comercialização, mas sem informações específicas (registro, leis, testes, certificações);</p> <p>20 - Mercado identificado, mas com fortes barreiras de entrada;</p> <p>30 - Barreiras identificadas, mas com alto potencial de resolução (o que não compromete a comercialização);</p> <p>40 - Sem barreiras de entrada</p>	<p>Mesmo se tratando de uma inovação incremental é possível identificar existência de demanda para o produto desenvolvido, uma vez que ele traz uma melhoria de desempenho significativa e pode ser utilizada em diversas áreas, sendo mais funcional que os produtos similares já existentes. Porém, por se tratar de um produto de elevado nível tecnológico, a demanda é restrita aos segmentos que fazem uso de tal nível de complexidade.</p>	30
<p style="text-align: center;">PARCERIAS</p> <p>O desenvolvimento tecnológico requer aportes financeiros significativos para cada etapa de maturidade da tecnologia. Recursos financeiros são um dos maiores contingentes do desenvolvimento da tecnologia (Salerno e Gomes, 2018).</p>	<p>Parceiros que possibilitaram o avanço da tecnologia; números de aprovações em editais de fomento (Fapesb, CNPq, Capes etc.)</p>	<p>0 - Sem informação para suportar uma análise;</p> <p>10 - Sem parceiros estratégicos importantes;</p> <p>20 - Tecnologia com bom histórico de aprovações em agências de fomento;</p> <p>30 - Bom histórico de aprovação em agências de fomento, parcerias estruturadas com setor produtivo;</p> <p>40 - Aprovações em agências de fomento, parcerias com empresas, experiência em TT ou empreendedorismo próprio (incubadoras, parques, acelerações).</p>	<p>Como o produto é de extrema complexidade tecnológica, fica claro quais são os segmentos que podem absorver a produção da tecnologia, que são laboratórios de pesquisa e empresas que desenvolvem equipamentos de microscopia óptica. Os pesquisadores inclusive já possuem mapeada uma lista de laboratórios universitários no Brasil com interesse claro na obtenção do produto, assim como o detalhamento dos principais concorrentes (estes são importados e dependem muito da oscilação cambial). O que mostra conhecimento do mercado. Porém, por se tratar de um produto muito tecnológico, deve-se atentar a cadeia produtiva, certificando-se de que, ao se passar para uma escala industrial, haverá fontes suficientes para obtenção dos componentes necessários para produção do dispositivo. Sabe-se que muitos deles são importados e de valor elevado, fatores esses que têm grande impacto na manufatura do produto.</p>	20
<p style="text-align: center;">VIABILIDADE</p> <p>Analisar a viabilidade da tecnologia pela estimativa do período de geração de renda, a estimativa de renda futura, os riscos de não obter lucro e a conversão de ganhos futuros em valor presente - (Baek <i>et al.</i>, 2007).</p>	<p>Analisa-se os indicadores de viabilidade financeira da tecnologia: VPL acima de 0 e TIR maior que a TMA são cenários desejáveis para uma melhor pontuação.</p>	<p>0 - Sem informações para suportar uma análise;</p> <p>10 - Informações incipientes, trata-se de um projeto em desenvolvimento, simulações financeiras ainda são incipientes;</p> <p>20 - VPL e TIR positivos apenas no cenário otimista;</p> <p>30 - VPL e TIR positivos no cenário otimista e conservador;</p> <p>40 - VPL e TIR positivos para os três cenários.</p>	<p>O dispositivo a ser criado irá compor um seletor grupo de tecnologias e produtos que tem como base nanotecnologia e a espectroscopia. Como existem equipamentos que possuem funcionalidades semelhantes, porém com desempenho inferior, a alta complexidade do produto pode ser um fator dificultador, pois depende de materiais muito específicos.</p>	10

<p align="center">SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL</p> <p>Considerar os efeitos ambientais na avaliação da tecnologia e selecionar tecnologias mais ecológicas para a fabricação é uma maneira eficiente de reduzir as emissões de resíduos ambientais - (Hung e Tseng, 2010).</p>	<p>Questões ambientais que podem afetar positiva ou negativamente o mercado da tecnologia.</p>	<p>0 - Sem informação para suportar uma análise;</p> <p>10 - A tecnologia ainda que poluidora, possui uma menor quantidade de estrago ambiental que os concorrentes atuais ou substitui uma tecnologia com grau maior de impacto ambiental;</p> <p>20 - Estudos de avaliação e controles os impactos ambientais iniciados, mas ainda sem resultados conclusivos;</p> <p>30 - Há indícios preliminares que a tecnologia não possui alta carga de poluição. Mas, nada documentado ou certificados como: Estudo de Impacto Ambiental (EIA), Análise de Ciclo de Vida (ACV), inventário de Gases de Efeito Estufa (GEE) ou um sistema de gestão ambiental é uma estrutura organizacional que permite à empresa avaliar e controlar os impactos ambientais de suas atividades;</p> <p>40 - Impacto ambiental controlado com estudos adiantados por meio de EIA, ACV, GEE ou sem impacto.</p>	<p>Os testes em laboratório comprovam que a tecnologia gera produtos de baixo impacto ambiental. Existem estudos já validados que comprovam tal situação, conforme apresentado na diligência da valoração.</p>	<p align="center">40</p>
<p align="center">REGULAMENTAÇÃO</p> <p>Quais requisitos regulatórios precisam ser atendidos? (Razgaitis, 2007).</p>	<p>Qual produto os usuários finais realmente desejam da tecnologia, existem regulamentações para a comercialização deste (possível) produto?</p>	<p>0 - Sem informação para suportar uma análise;</p> <p>10 - Suposições iniciais de regulamentação, mas trata de possibilidades múltiplas de aplicação. Não foi definido em que produto usar a tecnologia;</p> <p>20 - Suposições iniciais de regulamentação, mas a tecnologia encontra-se em estágio bastante embrionário;</p> <p>30 - Aplicação definida, mas não existe marco regulatório para que a tecnologia possa ser comercializada em suas essências;</p> <p>40 - Aplicação definida, regulamentação estabelecida e conhecida.</p>	<p>Apesar de um protótipo do produto já ter sido desenvolvido, testado e replicado em laboratório, ainda não ocorreu a sua validação no mercado.</p>	<p align="center">20</p>
				<p align="center">120</p>

Fonte: elaboração do autor.

ANEXO A - Taxas Máximas De *Royalties* para a Indústria Permitidas no Brasil

Setor industrial	Tipos de produção	Taxa
Energia elétrica	Produção e distribuição	5,0%
Combustíveis	Petróleo e distribuição	5,0%
Transportes	Transportes em ferro-carris urbanos	5,0%
Comunicações		5,0%
Material de transporte	Automóveis, caminhões e congêneres	5,0%
Material de transporte	Autopeças	5,0%
Material de transporte	Pneumáticos	5,0%
Fertilizantes		5,0%
Produtos químicos básicos		5,0%
Metalurgia pesada	Ferro e aço	5,0%
Metalurgia pesada	Alumínio	5,0%
Material elétrico	Transformadores, dínamos, geradores de energia	5,0%
Material elétrico	Motores elétricos para fins industriais	5,0%
Material elétrico	Equipamentos e aparelhos de telefone	5,0%
Materiais diversos	Tratores e combinações para agricultura	5,0%
Materiais diversos	Equipamentos e peças para a indústria extrativa e de transformação.	5,0%
Construção naval	Navios	5,0%
Construção naval	Equipamentos de navios	5,0%
Material de acondicionamento e embalagens		4,0%
Produtos alimentares		4,0%
Produtos químicos		4,0%
Tecidos, fios e linhas		4,0%
Calçados e semelhantes		3,5%
Artefatos de metais		3,5%
Artefatos de cimento e amianto		3,5%
Material elétrico		3,0%
Máquinas e aparelhos	Máquinas e aparelhos de uso doméstico não supérfluos	3,0%
Máquinas e aparelhos	Máquinas e aparelhos de escritório	3,0%
Máquinas e aparelhos	Aparelhos destinados a fins científicos	3,0%
Artefatos de borracha e matéria plástica		2,0%
Artigos de higiene e cuidados pessoais	Artigos de barbear	2,0%
Artigos de higiene e cuidados pessoais	Pastas dentífricas	2,0%
Artigos de higiene e cuidados pessoais	Sabonetes populares	2,0%
Outras indústrias de transformação		1,0%
Geral (sem patentes)		1,0%

Fonte: Brasil (1958)