

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA QUÍMICA
ENGENHARIA QUÍMICA**

PAULO GABRIEL PIMENTEL JANUÁRIO

**AVALIAÇÃO DE CÁLCULO DE RETORNO SOBRE
INVESTIMENTO EM PROJETOS DE P&D A PARTIR DO NÍVEL
DE MATURIDADE TECNOLÓGICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PONTA GROSSA
2021**

PAULO GABRIEL PIMENTEL JANUÁRIO

**AVALIAÇÃO DE CÁLCULO DE RETORNO SOBRE
INVESTIMENTO EM PROJETOS DE P&D A PARTIR DO NÍVEL
DE MATURIDADE TECNOLÓGICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química, do
Departamento Acadêmico de
Engenharia Química, da
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Giane
Gonçalves Lenzi

PONTA GROSSA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



TERMO DE APROVAÇÃO

Avaliação de Cálculo de Retorno sobre Investimento em Projetos de P&D a partir do
Nível de Maturidade Tecnológica

por

Paulo Gabriel Pimentel Januario

Monografia apresentada no dia 18 de agosto de 2021 ao Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dra. Érica Roberta Lovo da Rocha Watanabe
(UTFPR)

Prof. Dr. Matheus Pereira Postigo
(UTFPR)

Profa. Dra. Giane Gonçalves Lenzi
(UTFPR)
Orientadora

Profa. Dra. Juliana de Paula Martins
Responsável pelo TCC do Curso de Engenharia Química

RESUMO

JANUARIO, Paulo Gabriel Pimentel. **Avaliação de Cálculo de Retorno sobre Investimento em Projetos de P&D a partir do Nível de Maturidade Tecnológica**. 2021. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2021.

A necessidade da mensuração do retorno sobre investimento em projetos de inovação é cada vez maior. Os setores de Pesquisa e Desenvolvimento de grandes companhias precisam ter maior segurança na seleção e priorização de projetos. Dessa forma, a viabilidade econômica para implantação de novas tecnologias no mercado é garantida e a saúde financeira da empresa é assegurada. Portanto, uma metodologia de mensuração do Retorno sobre Investimento (ROI) atrelado ao sistema de Nível de Maturidade Tecnológica (TRL) e à Gestão Econômica de Projetos é proposta em projetos com teor inovador. Com o emprego da metodologia em um estudo de caso voltado para a área de P&D de uma empresa de base florestal (intitulada Beta S/A), e através da adoção de cenários e premissas acerca do desenvolvimento, houve a constatação da viabilidade da implantação de um novo produto vendável para a companhia.

Palavras-chave: Retorno sobre Investimento. Pesquisa e Desenvolvimento. Nível de Maturidade Tecnológica. Análise Econômica de Projetos.

ABSTRACT

JANUARIO, Paulo Gabriel Pimentel. **Evaluation of the Return on Investment in R&D Projects from the Technology Readiness Level**. 2021. 75 p. Work of Conclusion Course (Graduation in Chemical Engineering) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2021.

The need to measure the return on investment in innovation projects is increasing. The Research and Development sector of large companies need to have more security in the selection and prioritization of projects. In this way, the economic feasibility of implementing new technologies in the market is guaranteed and the company's financial health is assured. Therefore, a Return on Investment (ROI) measurement methodology linked to the Technology Readiness Level (TRL) system and Economic Management of Projects is proposed in projects with innovative content. With the use of the methodology in a case study focused on the R&D area of a forest-based company (entitled Beta S/A), and through the adoption of scenarios and assumptions about the development, there was a finding about the viability of implementing a new salable product for the company.

Palavras-chave: Return on Investment. Research and Development. Technology Readiness Level. Economic Management of Projects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição de gastos de acordo com a fase e estratégia em projetos de P&D de empresas de base florestal	20
Figura 2 – Escala comum de evolução dos Níveis de Maturidade Tecnológica (TRL)	23
Figura 3 – Relação entre os dispêndios de um projeto de acordo com o Nível de Maturidade (TRL) e ciclo de vida da tecnologia	27
Figura 4 – Exemplo de fluxo de caixa simples	34
Figura 5 – Fluxograma da metodologia proposta para cálculo de retorno sobre investimento na P&D	44
Figura 6 – Premissas adotadas para previsão de atingimento de maior TRL/MRL	48
Figura 7 – Fluxo de caixa e ciclo de vida de um projeto	52
Figura 8 – Fluxograma relacionando os desenvolvimentos estudados	55
Figura 9 – Fluxo de Caixa para uma Receita Anual Mínima (Cenário 1)	64
Figura 10 – Fluxo de Caixa para uma Receita Anual Máxima (Cenário 2)	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição da madeira plantada no Brasil segundo o uso em diferentes segmentos de mercado	15
Tabela 2 – Relação entre países e regiões do mundo e distribuição em tipos de inovação.....	17
Tabela 3 – Distribuição de investimento no setor florestal e industrial por ações de inovação.....	18
Tabela 4 – Relação entre empresas inovadoras e seus objetivos no setor de Papel e elulose mundial	21
Tabela 5 – Descrição dos níveis de TRL e MRL	25
Tabela 6 – Caracterização do projeto estudo de caso	56
Tabela 7 - Valores dispendidos no projeto por classe de custo	57
Tabela 8 - Volume de polipropileno em toneladas por tipo de oferta (2017)	58
Tabela 9 – Distribuição do mercado de compostos de polipropileno por tipo de carga (2017).....	58
Tabela 10 – Valores de custos de produção da matéria-prima de base florestal e comparação de cenários	60
Tabela 11 – Preços praticados das cargas do composto de polipropileno (2018)	61
Tabela 12 – Valores mínimos e máximos para venda da matéria-prima de base florestal.....	61
Tabela 13 – Percentual de atingimento de produção de acordo com a “Learning Curve”	62
Tabela 14 – Resultado dos indicadores financeiros propostos para análise de retorno sobre investimento	65

LISTA DE ACRÔNIMOS

ABTCP	Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
CAPEX	Capital Expenditure (Despesas de Capital)
COFINS	Contribuição para Seguridade Social
EBIT	Earnings Before Interest and Taxes (Lucros Antes de Juros e Impostos)
EBTIDA	Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization (Lucros Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização)
ERP	Enterprise Resource Planning (Pacotes Integrados de Gestão)
EU	European Union (União Europeia)
EUA	Estados Unidos da America
FOM	Figure of Merit (Figura de Mérito)
IBÁ	Indústria Brasileira de Árvores
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IR	Imposto de Renda
MACRS	Modified Accelerated Cost Recovery System (Sistema Modificado de Recuperação Acelerada de Custos)
MRL	Manufacturing Readiness Level (Nível de Maturidade da Manufatura)
NASA	National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço)
NBS	National Bureau of Statistics of China (Escritório Nacional de Estatística da China)
NOPAT	Net Operating Profit After Taxes (Lucros Líquidos Após Impostos)
NSF	National Science Foundation (Fundação de Ciência Nacional)
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PE	Polietileno
PIB	Produto Interno Bruto
PIS	Programa de Integração Social

PMBOK	Project Management Body of Knowledge (Guia de Conhecimento em Gerenciamento de Projetos)
PMI	Project Management Institute
PP	Polipropileno
R&D	Research and Development
ROE	Return on Evaluation (Retorno sobre Estimativa)
ROI	Return on Investment (Retorno sobre Investimento)
S/A	Sociedade Anônima
STN	Sistema Tributário Nacional
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TRA	Technology Readiness Assessment (Avaliação de Maturidade Tecnológica)
TRL	Technology Readiness Level (Nível de Maturidade Tecnológica)
VPL	Valor Presente Líquido
WACC	Weighted Average Cost of Capital (Média Ponderada dos Custos de Capital)
ZEW	Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (Centro de Pesquisa Econômica Europeia)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	MERCADO DE PAPEL E CELULOSE	14
2.2	PESQUISA E DESENVOLVIMENTO	15
2.3	P&D NAS INDÚSTRIAS DO SETOR DE PAPEL E CELULOSE	18
2.4	MATURIDADE TECNOLÓGICA	21
2.4.1	Níveis de Maturidade Tecnológica (TRL)	23
2.4.2	Definição dos Níveis de TRL	24
2.5	RETORNO SOBRE INVESTIMENTO NA P&D	28
2.6	ANÁLISE ECONÔMICA DE PROJETOS	30
2.6.1	Retorno Sobre Investimento (ROI)	31
2.6.2	Fluxo de Caixa	34
2.6.3	Depreciação	35
2.6.4	Impostos	36
2.6.5	Valor Presente Líquido (VPL)	38
2.6.6	Taxa Interna de Retorno (TIR)	40
2.6.7	Período de <i>Payback</i>	41
3	MATERIAIS E MÉTODOS	43
3.1	PLANO DE TRABALHO	43
3.2	METODOLOGIA PROPOSTA	44
3.2.1	Caracterização do Projeto	45
3.2.2	Coleta de Dados e Levantamento de Premissas	47
3.2.3	Levantamento de Custos	49
3.2.4	Levantamento de Receitas	51
3.2.5	Análise de Retorno	51
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1	AMBIENTAÇÃO	54
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO	56
4.3	COLETA DE DADOS E LEVANTAMENTO DE PREMISSAS	56
4.3.1	Investimento sobre Níveis de Maturidade	56
4.3.2	Mercado de Polipropileno no Brasil	57
4.3.3	Identificação dos Custos de Produção	59
4.3.4	Identificação de Receitas do Projeto	61
4.3.5	Premissas Gerais	62
4.4	ANÁLISE DE RETORNO	63
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
	REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

A busca por redução de custos e aumento de produtividade do ramo industrial vem crescendo cada vez mais ao longo das últimas décadas. No entanto, trata-se de uma análise simplista e que pode trazer consequências para as companhias no aspecto sobrevivência no mercado (BERTO, 2015). Dessa forma, processos cada vez mais eficientes, com menores prejuízos ao ambiente, devem estar atrelados ao desenvolvimento de produtos inovadores e disruptivos e, conseqüentemente, investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

A partir dessa compreensão, entende-se que as empresas que não possuem características de *first mover* (empresas que geralmente dão o primeiro passo na exploração de mercados e oportunidades inovadoras) podem tornar-se *fast followers* (característica atrelada a empresas que são rápidas na tomada de decisão para adequar-se ao ritmo e inovações desenvolvidas pela concorrência).

Ser um *fast follower* apresenta vantagens evidentes sobre àquelas empresas que simplesmente não investem em novos mercados. No entanto, esta característica mantém a empresa refém à estratégia de outras companhias, podendo resultar em um caminho perigoso no quesito inserção e aceitação no mercado. Além disso, a curva de aprendizado de uma empresa *fast follower* para implantação de uma nova tecnologia ou produto demanda mais tempo, pois esta deve aprender a partir das diretrizes não tão claras do desenvolvimento de terceiros.

Empresas pioneiras tendem a investir mais no setor de Pesquisa e Desenvolvimento. Deve-se destacar que há uma relevante relação entre o nível de desenvolvimento de países e os seus respectivos investimentos em P&D (HASSANZADEH & BIGDELI, 2019). Porém, isso não significa uma garantia de retorno financeiro no processo de inovação (BERTO, 2015).

Investimentos naturalmente geram um certo nível de incerteza e riscos associados. Portanto, é importante que dados fundamentados estejam disponíveis para uma tomada de decisão mais assertiva e segura para defesa de investimento em projetos de P&D. Isso, por consequência, faz com que uma maximização de retorno e minimização de riscos sejam obtidos, levando a uma alocação eficiente de capital (FARAGO; *et al*, 2016).

Segundo o PMBOK (2017), Guia de Conhecimento em Gerenciamento de Projetos elaborado pelo *Project Management Institute* (PMI), projetos são esforços temporários realizados para a criação de um novo produto, serviço ou resultado único. Para Carneiro (2018), os parâmetros de gerenciamento tradicionais não atendem na totalidade os projetos de pesquisa e desenvolvimento. Isso ocorre, pois os projetos da área possuem um caráter de exploração criativa, levando a resultados, por natureza, pouco definidos e com uma alta imprevisibilidade.

Porém, a definição do que é um projeto na prática pode ser estendido para a área de P&D com ajustes e adequações, principalmente quando estes projetos possuem longas escalas de tempo para execução (CARNEIRO, 2018). Dessa forma, uma estrutura de gerenciamento de projetos adaptada como suporte à Pesquisa e Desenvolvimento auxilia no sucesso dos departamentos de inovação através da identificação de características relacionadas ao ciclo de vida de um projeto (CARNEIRO, 2018) e valida assim os investimentos realizados.

Um dos principais focos de incerteza relacionados aos projetos desenvolvidos na área de P&D é o Retorno sobre Investimento, ou em inglês, *Return on Investment* (ROI). De acordo com Griliches (1979), pioneiro na busca por uma metodologia de cálculo para o ROI na P&D, uma das maiores dificuldades em medir a contribuição da Pesquisa e Desenvolvimento para o crescimento econômico da indústria é que, geralmente, os seus resultados são em si mal previstos e mensurados. Dessa forma, os resultados dos investimentos em P&D não são diretamente observáveis.

O ROI, em sua definição básica, relaciona receitas e dispêndios esperados de um investimento com o intuito de direcionar tomadas de decisão quanto ao avanço ou não de um projeto. Entende-se que o ROI é uma variável estrategicamente importante para as áreas de P&D de grandes empresas. Isso pois, em função da limitação de recursos, as empresas tendem a priorizar projetos em função de sua viabilidade técnica e financeira para implementação (ALMEIDA; *et al*, 2010). Assim, uma análise financeira agrega maior facilidade na seleção de desenvolvimentos e projetos de inovação, levando em consideração também outros critérios complementares, como o alinhamento estratégico da companhia investidora.

Com o intuito de avaliação do ROI, neste trabalho pretende-se avaliar, por exemplo, o horizonte de tempo para o retorno esperado e maturidade tecnológica do desenvolvimento. Os dois parâmetros citados possuem uma correlação e serão estudados através da combinação de metodologias existentes e bem difundidas, como o sistema de *Technology Readiness Level* (TRL) e Análise Econômica de Projetos, a fim de facilitar o cálculo de retorno nos setores de P&D.

Portanto, objetiva-se a proposição de um modelo de cálculo de Retorno sobre Investimento (ROI) com a utilização de outros indicadores complementares, tais como *Payback*, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) através de um estudo de caso de um dos projetos do portfólio da Pesquisa e Desenvolvimento da empresa Beta S/A. A empresa em questão é uma empresa nacional do ramo de Papel e Celulose, com um vasto portfólio de produtos no setor e sólida posição no mercado. Espera-se, dessa forma, estimar em termos práticos o retorno a partir da aplicação de novas tecnologias no mercado de Papel e Celulose (ou até mesmo novos mercados para o setor), analisando também o nível de maturidade tecnológica do projeto selecionado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Apresenta-se, neste tópico, a delimitação do tema escolhido para o trabalho a partir da exposição da importância e relevância do setor de Papel e Celulose no Brasil, bem como dos departamentos de Pesquisa e Desenvolvimento em diversos países. Além disso, explicita-se conceitos importantes a respeito do sistema de Níveis de Maturidade Tecnológica (TRL/MRL) e acerca da análise econômica de projetos.

Dessa forma, espera-se a ambientação a respeito da temática para futura implementação e validação da metodologia proposta para projetos do setor de base florestal, escolhido como foco do trabalho.

2.1 MERCADO DE PAPEL E CELULOSE

De acordo com a Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (2021), o Brasil conta atualmente com 220 empresas ativas no setor de Papel e Celulose, sendo estas espalhadas por 18 dos 27 estados do país. A indústria de celulose no Brasil é a 2ª maior do mundo em volume de produção, enquanto que a de papel ocupa a 10ª posição. O setor de árvores plantadas teve impacto de R\$ 97,4 bilhões na economia brasileira em 2019. As exportações mundiais da indústria de base florestal somaram cerca de US\$ 11,3 bilhões no mesmo ano e, desse valor, 4,3% equivalem às exportações brasileiras (IBÁ, 2021).

De acordo com dados da Indústria Brasileira de Árvores (2021), em relatório publicado em 2020 referente a dados do ano de 2019, 100% do papel produzido no Brasil vem de árvores plantadas para esse fim. A indústria brasileira de árvores plantadas é uma referência mundial e destacada pela alta produtividade, tecnologia incorporada, responsabilidade social e instalações produtivas modernas. Conta ainda com 5,9 milhões de hectares destinados para Áreas de Preservação Permanente (APPs), Reserva Legal (RL) e Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) (IBÁ, 2021).

Como trata-se de um setor de base florestal, a qualidade dos produtos começa na floresta. É importante ressaltar ainda que a adoção de boas práticas de manejo e o investimento contínuo em melhoramento genético de árvores, em combinação com as condições climáticas e de solo brasileiro, levam o país a um prestigiado reconhecimento se comparado a outros países (IBÁ, 2020; HORA; *et al*, 2018).

Além de uma posição de referência no quesito manejo de florestas, o Brasil também ocupa posições de destaque em relação aos principais produtos advindos da floresta (papel e celulose). O destino final dos 9 milhões de hectares de árvores plantadas no Brasil, em sua maior parte, é o setor de Papel e Celulose, mas engloba também diversos outros segmentos do mercado, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição da madeira plantada no Brasil segundo o uso em diferentes segmentos de mercado

Segmento de Mercado	% de uso dos hectares de árvores plantadas
Celulose e Papel	36%
Produtores Independentes	29%
Siderurgia e Carvão Vegetal	12%
Investidores Financeiros (Timos)	10%
Painéis de Madeira e Pisos Laminados	6%
Produtos Sólidos de Madeira	4%
Outros	3%

Fonte: IBÁ (2021)

Para uma projeção de crescimento em escala e, possivelmente, novos produtos a partir de compósitos de origem florestal, espera-se que os investimentos no Brasil sejam na ordem de R\$ 35,5 bilhões até 2023 em projetos que visam aumento dos plantios, ampliação de fábricas e novas unidades de processamento de madeira (IBÁ, 2020).

2.2 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

A área de Pesquisa e Desenvolvimento possui um papel fundamental e muito estratégico em grandes companhias. De acordo com Wingate (2015), o sucesso de um projeto de P&D está ligado às decisões que movem as atividades, experimentos e provam ou desaprovam teorias e hipóteses inicialmente levantadas.

A importância de departamentos de P&D nas companhias eleva-se cada vez mais e também ganha apoio de órgãos públicos, com a criação e implantação de leis de incentivos fiscais às empresas que investem em inovação. Como principal exemplo, podemos citar a Lei do Bem, regulada pela Lei nº 11.196/2005. A lei fornece formas de apoio governamental à inovação tecnológica e, portanto, concede incentivos fiscais às empresas que realizam atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (ABGI, 2021).

Investimentos no setor de P&D e inovação tornaram-se prioridade para o desenvolvimento de países e, também, para a competitividade de grandes empresas. Além disso, os ganhos de produtividade necessários para um acelerado crescimento econômico estão associados ao desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços (CARRARA & FERREIRA, 2020; LANIENÉ & SAKALAS, 2014; NEGRI, 2020; KOHL & ZONATTO, 2010; JUNIOR, 2007; BERTO, 2015).

De acordo com Sargent (2020), em relatório publicado pela *Congressional Research Service*, os investimentos em P&D, a nível mundial e desde os anos 2000, quase triplicaram. Os valores são referentes a um montante de US\$ 676 bilhões no ano inicial para US\$ 2 trilhões em 2018. Dessa forma, há uma percepção nítida do reconhecimento por diversos países no mundo sobre a importância da Pesquisa e Desenvolvimento para a inovação industrial e uma maior competitividade com o mercado (SARGENT, 2020).

Ainda segundo Hernández, *et al* (2020), as 2500 primeiras empresas no ranking de maiores investidoras em P&D do mundo, investiram aproximadamente €823,4 bilhões durante o ano de 2018, com um atingimento muito similar no ano de 2019. A pesquisa de Hernández, *et al* (2020) ainda mostra os Estados Unidos com uma porcentagem de 38% desse número de empresas, estando em uma posição estável na participação percentual da P&D mundial. Já a União Europeia (EU) representa 25% dessa fatia e, a China, com participação de 12% de suas empresas.

Na pesquisa em questão, os dados relativos ao Brasil foram levantados considerando apenas 6 empresas, sendo estas Vale, Embraer, Petrobras, Totvs, WEG e Braskem. Estas empresas, por sua vez, representam apenas 0,2% do total de empresas do Ranking e 0,12% da participação em P&D mundial. Em comparação à pesquisa divulgada acerca das mesmas empresas em 2016, o Brasil mostra uma taxa de crescimento negativa de -13% (NEGRI, 2020).

Para termos de comparação e análise mais coerente sobre os dados brasileiros, a taxa geral de inovação, calculada como o percentual de empresas que inovam em produtos e processos em relação ao total de empresas, é razoavelmente alta no Brasil, segundo Negri (2020), sendo muito parecida em outros países e regiões (Estados Unidos, China e Europa). Um total de 34% das empresas brasileiras registradas lançaram novos produtos ou processos em 2019, enquanto que na China, a porcentagem foi de 42,1%, seguido dos Estados Unidos e Europa, com 32% e 16,7%, respectivamente (NEGRI, 2020).

Um ponto importante de análise é que a taxa de inovação no Brasil está fortemente associada à compra de máquinas e equipamentos que geram mudança no processo produtivo de grandes empresas (NEGRI, 2020). Na Tabela 2, é mostrada a relação entre o lançamento de inovações em produtos ou serviços nas regiões citadas anteriormente.

Tabela 2 – Relação entre países e regiões do mundo e distribuição em tipos de inovação

País/Região	% de empresas que inovaram em 2019	% das empresas que inovaram, por tipo de inovação	
		Produto	Processo
Brasil	34	19,1	28,8
China	42,1	28	28,7
Europa*	16,7	12,8	9,9
Estados Unidos	32	23	24

*Foram 15 os países considerados para o levantamento relacionado a Europa, sendo estes: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Países Baixos, Portugal, Reino Unido e Suécia.

Fonte: Adaptado de NEGRI (2020)

Pode-se perceber, portanto, que ainda há maior foco nas indústrias brasileiras em aprimoramento de processos, enquanto que nas outras regiões do mundo as porcentagens mostram-se mais equilibradas. De acordo com Negri (2020), empresas brasileiras com maior escala tendem a uma defasagem estrutural, pois concentram-se em setores com menor intensidade tecnológica e, conseqüentemente, menor esforço em P&D.

Esse direcionamento de empenho relaciona-se à estrutura operacional de mão de obra e equipamentos mais atualizados do ponto de vista tecnológico nas outras regiões (China, Europa e Estados Unidos). Estas, por sua vez, realizam inovações não necessariamente a partir da aquisição de equipamentos e máquinas como é o caso do Brasil (NEGRI, 2020).

Ainda de acordo com NEGRI (2020), para que o Brasil possa crescer de forma mais concisa e tornar-se uma economia mais competitiva nos departamentos de inovação seria necessário, no mínimo, um investimento anual de US\$ 16,5 bilhões adicionais (aproximadamente 2% do seu PIB atual), para que haja um melhor emparelhamento com as economias mais competitivas.

Porém, percebe-se em diversos setores nacionais o oposto, principalmente pelo histórico relacionado aos ciclos econômicos recessivos do país. Geralmente, as crises levam à desestruturação das atividades inovadoras e científicas. Dessa forma, multinacionais que investem em pesquisa e desenvolvimento no Brasil tendem a redirecionar suas atividades para a matriz (NEGRI, 2020).

2.3 P&D NAS INDÚSTRIAS DO SETOR DE PAPEL E CELULOSE

Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (2020), 2% dos investimentos no ano de 2019 (quase R\$ 50 milhões) foram destinados para a inovação nas áreas florestais e industriais das companhias do setor de Papel e Celulose.

Deste valor total, parte foi direcionada exclusivamente para as áreas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) das empresas, sendo R\$ 25,5 milhões para o âmbito florestal e R\$ 23,8 milhões para a área industrial. A distribuição dos investimentos, de acordo com a necessidade ou estratégia das companhias, pode ser vista na Tabela 3.

Tabela 3 – Distribuição de investimento no setor florestal e industrial por ações de inovação

Classificação de Investimentos/Ações de Inovação	Setor Florestal (%)*	Setor Industrial (%)*
Aprimoramento de produtos ou processos existentes	88	94
Melhorias tecnológicas e/ou biotecnologia	75	94
Desenvolvimento de novos produtos e processos	63	83
Investimento na sustentabilidade socioambiental	63	72
Parcerias com universidades ou startups	63	67
Aquisição de máquinas e equipamentos	50	67
Treinamento relacionado à novos produtos ou processos	50	56
Realização de Workshops voltados à inovação	38	44
Outros	39	34

*As porcentagens não são cumulativas, pois entende-se que os investimentos podem atingir mais de uma ação de inovação.

Fonte: Adaptado de IBÁ (2020)

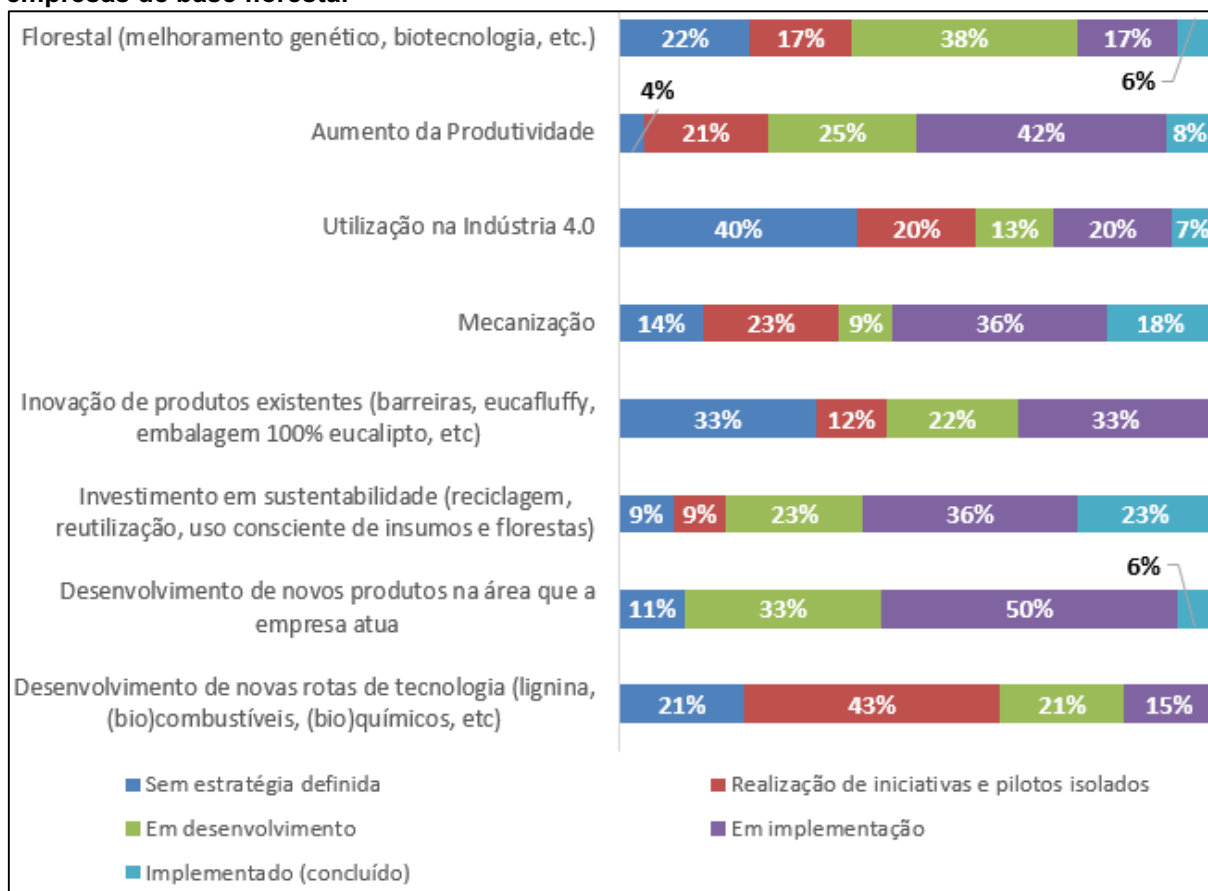
Como observado na Tabela 3, a maior parte dos investimentos em P&D na área florestal e industrial desse setor se concentra ainda no aprimoramento de produtos e/ou processos já existentes. Segundo a Visão 2035 do BNDES, publicada por Hora, *et al* (2018), as agendas de desenvolvimento do setor possuem duas fortes influências: manter a integridade do negócio e avaliar e implementar a integração de novos processos e produtos.

Enquanto a visão direcionada para papéis visa uma perspectiva a curto prazo, buscando a integração de novas máquinas de papel às grandes fábricas de celulose já instaladas, a visão para o mercado de celulose está mais voltada para a inovação e longo prazo. Esta visa a aplicação e desenvolvimento de conceitos ligados às biorrefinarias (refinarias que convertem biomassas em biocombustíveis, insumos químicos, energia, entre outros produtos) integradas às plantas de produção de celulose, criando novos produtos e processos e mantendo a competitividade da indústria para o futuro (BNDES, 2012).

Dessa forma, prevê-se um reposicionamento de mercado das empresas brasileiras, em especial no desenvolvimento de bioprodutos que venham a substituir derivados de fontes fósseis (BNDES, 2012). Essa mudança de cenário já se iniciou e empresas dominantes no mercado, como Suzano e Klabin, vem demonstrando seus investimentos nessas áreas, com novos produtos de viés mais sustentável.

A Figura 1 a seguir mostra os principais investimentos no setor de Papel e Celulose pela fase de desenvolvimento dos projetos.

Figura 1 – Distribuição de gastos de acordo com a fase e estratégia em projetos de P&D de empresas de base florestal



Fonte: Adaptado de IBÁ (2020)

Na Figura acima, é perceptível (e esperado) que o maior volume de dispêndios em projetos de inovação estejam relacionados com as fases de desenvolvimento e implementação das tecnologias, principalmente nas classificações de desenvolvimento de novos produtos (83%), no aumento de produtividade (67%) e investimentos em sustentabilidade socioambiental (59%).

Porém, percebe-se também um elevado gasto com iniciativas sem estratégias definidas, um dado que chama a atenção acerca do direcionamento correto, ou não, de estratégias pelas companhias de base florestal. Dentre elas, podemos citar a implementação de conceitos de indústria 4.0 (40%), inovação na linha de produtos já existentes (33%), investimentos florestais em biotecnologia e melhoramento genético (22%) e o desenvolvimento de novas rotas de tecnologia com base em recursos naturais (21%).

Percebe-se também um certo padrão nos investimentos em inovação no setor de Papel e Celulose em outros países. Na Tabela 4, é apresentado um comparativo entre países que realizaram algum tipo de inovação entre os anos de 2012 e 2014, seja em melhoria ou incremento de processo ou produto. Para a análise, foram utilizados dados da Business R&D and Innovation Survey (NSF, 2014), da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (IBGE, 2014), da Community Innovation Survey (ZEW, 2014) e do relatório China Statistical Yearbook (NBS, 2014).

Tabela 4 – Relação entre empresas inovadoras e seus objetivos no setor de Papel e celulose mundial

País	Período	Total de empresas mapeadas no setor	Porcentagem do total	
			Inovação de produto	Inovação de processo
EUA	2012-2014	1.164	18,1	23,0
Brasil	2012-2014	2.135	10,9	29,4
China	2013-2014	6.811	16,7	20,2
União Europeia	2012-2014	774.857	25,4	35,8

Fonte: Adaptado de Ferreira (2019)

Através de uma análise dos dados expostos na Tabela 4, é observado que o enfoque em projeto de melhoria de processos não é exclusividade apenas do Brasil. Porém, a diferença entre as porcentagens de investimento de produtos e processos é menor nas outras regiões do mundo. De acordo com os dados, das empresas que investiram em inovação no setor de Papel e Celulose entre os anos de 2012 e 2014, aproximadamente três vezes mais investiram em processos do que em produtos no Brasil. Esse fato reforça o perfil de melhoria contínua das empresas de base florestal no país (SHIMADA, 2021).

2.4 MATURIDADE TECNOLÓGICA

Com o aumento da relevância ao longo dos anos do setor de Pesquisa e Desenvolvimento no mundo, a necessidade da utilização de uma metodologia que unificasse conceitos e permeasse por diferentes setores industriais e de pesquisa se fez necessário. Segundo Laliené & Sakalas (2014), essa necessidade acarretou na criação de um sistema que avalia a efetividade de implementação ou aplicação de diferentes tipos de tecnologia e pesquisa nas organizações.

Um projeto, processo ou produto pode possuir diferentes níveis de maturidade tecnológica ao longo de todo o seu ciclo de desenvolvimento. Trata-se de um processo natural a que toda tecnologia é submetida, caminhando de um nível mais embrionário para um mais robusto e completo. É comum que desenvolvimentos em fases mais exploratórias e iniciais possuam um alto nível de incertezas e, conseqüentemente, investimentos maiores em recursos humanos e financeiros. Isso ocorre justamente pela necessidade da comprovação de teorias, hipóteses ou suposições e a evolução da maturidade tecnológica através de definições mais seguras e palpáveis.

De acordo com Ribeiro (2018), a identificação do nível de maturidade tecnológica e a análise do ciclo de vida da inovação são princípios essenciais para empresas de base tecnológica. Isso porque os riscos associados à inovação dependem diretamente do nível de maturidade das tecnologias a serem desenvolvidas. Além de que é necessário que a tecnologia percorra diversos níveis até que esta possa fazer parte de sistemas ou subsistemas e ser utilizada com segurança no mercado (VELHO; *et al*, 2017).

O principal objetivo da aplicação dos níveis de maturidade na identificação de potenciais projetos é o apoio aos gestores de empresas na tomada de decisão relativas à investimentos e esforços adequados para cada fase de desenvolvimento, visando a transição e superação dos degraus de maturidade tecnológica (ABGI, 2021).

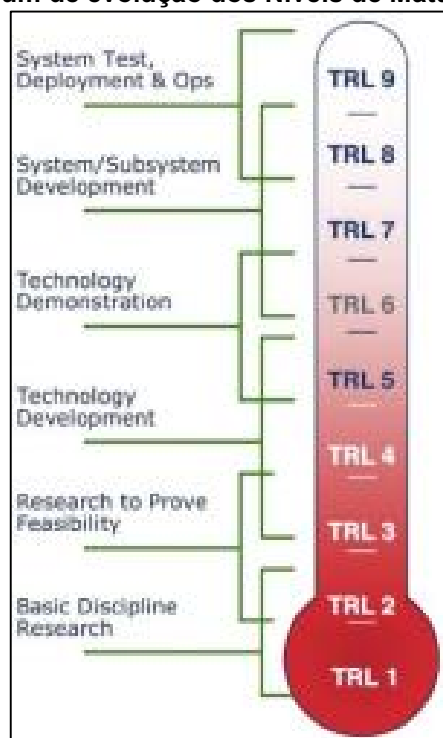
A partir da utilização de uma metodologia de classificação das tecnologias segundo sua maturidade de desenvolvimento, é possível que uma avaliação da possibilidade de implantação no mercado seja feita e, também, o tempo estimado para tal. Além disso, avalia-se ainda a estimativa de investimento e riscos financeiros, a permanência ou não da tecnologia no mercado e o potencial de seu desenvolvimento (RIBEIRO, 2018).

2.4.1 Níveis de Maturidade Tecnológica (TRL)

Os Níveis de Maturidade Tecnológica, ou em inglês *Technology Readiness Levels* (TRLs), formam um sistema de medição e avaliação da maturidade de uma determinada tecnologia e comparam o nível de maturidade entre diferentes tecnologias (MANKINS, 1995). É interessante ressaltar que a escala TRL, segundo a Instrução 5000.02 do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (2008), apud Embrapa (2018), refere-se aos níveis de maturidade de um produto, enquanto que na escala MRL (*Manufacturing Readiness Levels*) são empregados os níveis de maturidade de um novo processo.

A metodologia foi desenvolvida pela NASA entre as décadas de 1970 e 1980 e definida como uma figura de mérito (FOM), programática e independente, que permite uma mais efetiva avaliação e comunicação acerca da maturidade de novas tecnologias (MANKINS, 2009). Mais especificamente no ano de 1974, Stan Sadin (precursor da metodologia e cientista da NASA) desenvolveu uma escala inicial com sete níveis. Na década de 1990, a escala foi redefinida para nove níveis, conforme Figura 2, ganhando aceitação nos ramos industrial e governamental (EARTO, 2014).

Figura 2 – Escala comum de evolução dos Níveis de Maturidade Tecnológica (TRL)



Fonte: EARTO (2014)

Segundo Mankins (2009), no ano de 1995 a escala TRL consolidou-se pela articulação das primeiras descrições detalhadas de cada um dos níveis, atrelando-os à exemplos palpáveis. Desde então, a metodologia foi amplamente utilizada pelo Escritório de Contabilidade Geral dos EUA (*General Accounting Office - GAO*), adotada pelo Departamento de Defesa dos EUA (*Department of Defense - DOD*) e cogitada para diversas outras organizações.

Nos anos 2000 a versão padrão de nove níveis foi disseminada, atingindo diversas organizações governamentais e empresas privadas (RIBEIRO, 2018). Em 2010, a metodologia foi referenciada pela Comissão Europeia como uma ferramenta interessante a ser adotada nos projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) (ABGI, 2021).

Segundo Laliené & Sakalas (2014), apesar da metodologia de TRLs ser mais evidente em ramos industriais, a utilização do sistema de níveis de maturidade é amplamente utilizada nos setores de P&D da Europa, através de processos de planejamento, financiamento, promoção e avaliação de projetos de inovação. O objetivo principal torna-se a estimulação da pesquisa de desenvolvimento.

A avaliação da maturidade das tecnologias pode, portanto, permitir que riscos no orçamento e planejamento de grandes projetos seja diminuído. Essa premissa tornou-se o ponto de partida para o desenvolvimento e aprimoramento da escala e continua sendo um grande motivador para a continuidade de sua utilização na comercialização de tecnologias e no planejamento de pesquisa e desenvolvimento (EARTO, 2014).

2.4.2 Definição dos Níveis de TRL

Os níveis de maturidade tecnológica, definidos pelas TRLs, são desenvolvidos através de uma avaliação denominada em inglês de *Technology Readiness Assessment* (TRA). Esta avaliação, segundo Ribeiro (2018), considera aspectos conceituais, necessidades da tecnologia em questão e a demonstração do potencial tecnológico.

A escala varia, portanto, de um nível mais inicial, onde a tecnologia está em descoberta (TRL 1) até um nível mais avançado, em que a tecnologia já está inserida no mercado (TRL 9). Os níveis, tanto de TRL quanto de MRL, são descritas de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 – Descrição dos níveis de TRL e MRL

Nível	Indicador	Descrição
1	TRL	Princípios básicos observados e reportados.
	MRL	Princípios básicos observados e reportados.
2	TRL	Concepção tecnológica e/ou aplicação formulada.
	MRL	Conceito de manufatura definido.
3	TRL	Prova de conceitos das funções críticas de forma analítica ou experimental.
	MRL	Processo de manufatura demonstrado (fazer funcionar).
4	TRL	Validação em ambiente de laboratório de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório.
	MRL	Capacidade de produzir a tecnologia em ambiente laboratorial (fazer funcionar apropriadamente).
5	TRL	Validação em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações físicas finais.
	MRL	Capacidade de produzir protótipo do componente do produto em ambiente relevante de produção.
6	TRL	Modelo do sistema/subsistema protótipo de demonstrador em ambiente relevante.
	MRL	Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente relevante de produção. A tecnologia está em fase de testes sem alcançar a escala final.
7	TRL	Protótipo do demonstrador do sistema em ambiente operacional.
	MRL	Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente representativo de produção. A tecnologia está em comissionamento inativo. Isto pode incluir testes operacionais e testes de fabricação, mas é testado usando modelos/simuladores inativos compatíveis com o produto final.
8	TRL	Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado.
	MRL	Implementação da produção e minimização dos custos. Tecnologia em comissionamento ativo.
9	TRL	O sistema já foi operado em todas as condições, extensão e alcance.
	MRL	Uso do produto em todo seu alcance e quantidade. Produção estabelecida.

Fonte: Capdeville, et al (2017)

Ao implementar o sistema de TRLs em uma organização, é importante que alguns parâmetros e conceitos sejam entendidos por completo. Um deles acaba por ser básico, mas muito importante, referente ao atingimento das TRLs.

Segundo a NASA (2012), um nível de TRL é obtido quando a descrição relacionada àquele nível é atingido. Por exemplo, atingir o descritivo ou classificação da TRL 4 não avança a tecnologia para a TRL 5. A tecnologia permanece no nível de TRL 4 até que esta atinja a maturidade descrita no nível seguinte por completo.

Além disso, a evolução dos níveis de TRL não precisa, necessariamente, seguir um fluxo linear como mostrado anteriormente. Em diversas vezes, a evolução se comporta como um funil de inovação aberta. Isto é, ao longo do desenvolvimento da tecnologia, outras oportunidades podem ser identificadas e incorporadas (RIBEIRO, 2018).

Para Ribeiro (2018), outro conceito importante está relacionado com a mudança de mercado da tecnologia. Quando esta está inserida em um mercado específico e é alocada em um novo, é normal que haja uma variação no seu nível de maturidade, para um maior ou menor nível.

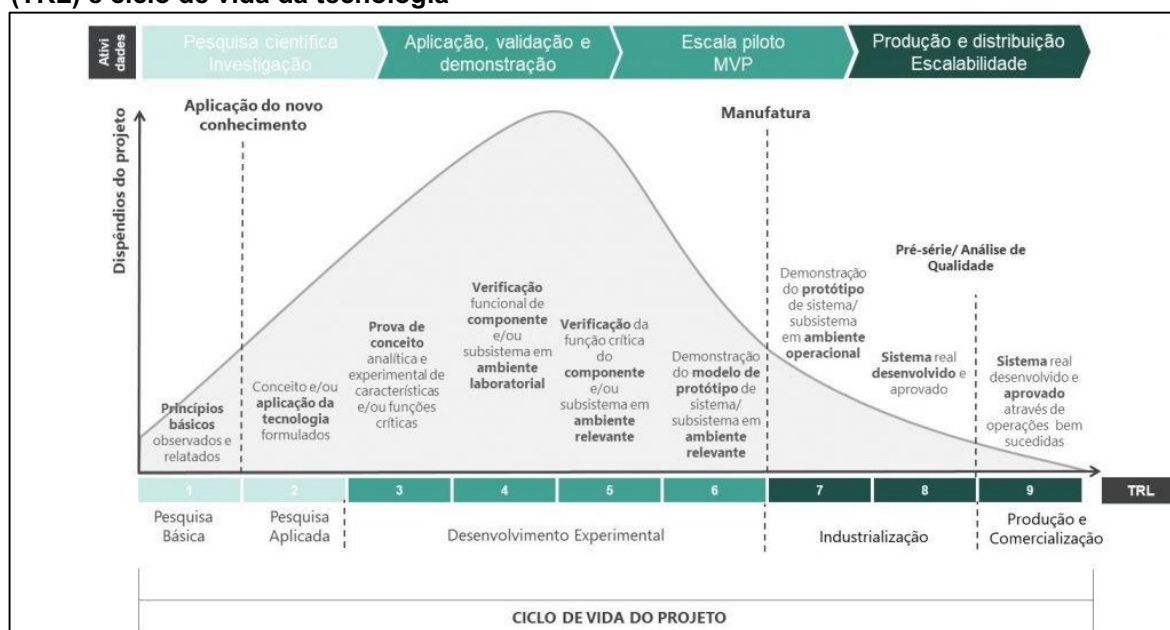
A partir das considerações elencadas, entende-se que há uma especificidade de tratamento da tecnologia dependendo do seu nível de maturidade, não somente em quesitos técnicos, mas também em quesitos financeiros e de investimento. Ribeiro (2018) ainda argumenta que a tomada de decisão acerca do avanço de uma TRL também está relacionada com a existência ou não de uma fonte de financiamento adequada.

Dessa forma, o investimento varia de acordo com o nível de maturidade da tecnologia e, geralmente, prioriza os níveis iniciais de TRL (1 a 3), onde trata-se de um desenvolvimento realizado majoritariamente por universidades e institutos de pesquisa, e os níveis finais (7 a 9), com aplicações industriais e de mercado, verificando um impacto mais visível e com menores riscos (VELHO; *et al*, 2017).

Portanto, muitas tecnologias que não conseguem gerar valor de uma forma precisa aos desenvolvimentos criados ou não conseguem obter um financiamento adequado tendem a possuir um nível de maturidade na faixa central (TRL 4 a TRL 7). Esta faixa, por sua vez, caracteriza o intervalo muitas vezes referenciado como o “Vale da Morte” da inovação (RIBEIRO, 2018). Segundo Gulbrandsen (2009), o termo metafórico é usualmente utilizado para descrever a lacuna existente entre as inovações de base acadêmica e a aplicação comercial no mercado.

Os níveis centrais apresentam geralmente altos riscos tecnológicos e necessitam de investimentos consideráveis para transformar um conceito laboratorial ou experimental (TRL 3) em um protótipo operacional (TRL 7), não sendo possível o avanço de maturidade sem o recurso (VELHO; *et al*, 2017; RIBEIRO, 2018). Esse fato fica ainda mais evidente através da Figura 3.

Figura 3 – Relação entre os dispêndios de um projeto de acordo com o Nível de Maturidade (TRL) e ciclo de vida da tecnologia



Fonte: ABGI Brasil (2021)

É evidente também que, após a entrega final do desenvolvimento proposto, ainda são registrados custos. Porém, estes relacionam-se agora com dispêndios de produção, manutenção de equipamentos e melhoria contínua do processo (redução de custos e otimização), não mais com o desenvolvimento em si da inovação. Por esse motivo, mostra-se uma redução drástica de dispêndios no gráfico.

Após a implementação de um novo processo produtivo, uma outra forma de que a maturidade do desenvolvimento seja mensurada é através do conceito de Curva de Aprendizado, ou em inglês, *Learning Curve*. Segundo Pedrosa, *et al* (2004), a curva de aprendizado (ou de aprendizagem) pode ser definida como uma demonstração gráfica de um efeito de aumento de produtividade, mostrando um potencial declínio de custos de operação e produção ao longo do tempo. Isso mostra que a empresa torna-se mais experiente e eficaz na utilização das novas máquinas instaladas (PEDROSA; *et al*, 2004).

Em outras palavras, a curva de aprendizado é um método que estima mudanças que podem ocorrer na produtividade de um trabalho, depois que as operações de produção são iniciadas (KRAWIEC; *et al*, 1980). Segundo Basten & Haamann (2018), as organizações aprendem independentemente da aplicação de uma abordagem de aprendizagem sistemática.

A aplicação desse conceito pode, portanto, alinhar expectativas sobre a implementação de uma nova tecnologia no processo produtivo. Este indica que o início da produção de um novo produto não atingirá de imediato sua capacidade máxima, apontando grandes espaços para evolução e crescimento continuado.

2.5 RETORNO SOBRE INVESTIMENTO NA P&D

A gestão do Retorno sobre Investimento em processos de inovação, em teoria, pode ser simples através da utilização de conceitos amplamente difundidos e que serão descritos em seções posteriores. Segundo Kolk & Eagar (2014), basta que seja feito o levantamento de quanto e onde os valores são investidos em inovação, comparando com o valor obtido a partir das iniciativas de cada portfólio do negócio e realizando uma gestão apropriada de ações para aumentar a performance. Porém, segundo Hassanzadeh & Bigdeli (2019), calcular o ROI em P&D não é tão simples como em serviços de setores industriais. Nestes últimos casos, as entradas e saídas do processo são facilmente identificados ou calculados.

Kolk & Eagar (2014) também elucidam que, na prática, muitas empresas não alcançam uma análise assertiva pela não clareza do que efetivamente uma gestão de retorno sobre investimento significa. Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento possuem um nível de incerteza agregado a seus resultados, conferindo uma dificuldade natural para o cálculo de retorno sobre investimento das iniciativas.

De acordo com Hall (2002), a incerteza tende a ser maior em pesquisas ou projetos iniciais, não sendo interessante uma análise estática. Porém, Hall ainda argumenta que projetos de P&D que possuam baixas probabilidades de alto sucesso no futuro podem ser importantes para a continuidade dos desenvolvimentos, mesmo que não passem em testes de retorno sobre investimento esperados.

Muito dos estudos a respeito do cálculo de retorno sobre investimento na Pesquisa e Desenvolvimento envolve as saídas base desses sistemas e estes dados são, em geral, qualitativos ou não numéricos (HASSANZADEH & BIGDELI, 2019).

Segundo Hall (2002), a saída ou *output* primário sobre o investimento em um projeto de P&D é o conhecimento adquirido acerca daquele desenvolvimento e, geralmente, esse conhecimento não é mantido em segredo para sempre. Dessa forma, percebe-se que em termos qualitativos, o retorno sobre o investimento nunca será apenas da empresa investidora, mas de todos.

Apesar da interpretação transparecer interessante para o aprendizado e compreensão de conceitos para a humanidade em geral, muitas empresas encaram de forma contrária e tornam-se relutantes em investir em Pesquisa e Desenvolvimento. Esse fato leva a uma contribuição não tão grande dos setores de P&D para a economia mundial (HALL, 2002).

Hall ainda argumenta que 50% ou mais do investimento em Pesquisa e Desenvolvimento direciona-se para as remunerações e salários de cientistas e engenheiros altamente qualificados. Portanto, seus esforços criam um ativo imensurável (o conhecimento básico da companhia), que pode ser perdido por consequência de saídas ou demissões.

Através dos pontos levantados acima e outros subsequentes acerca dos parâmetros qualitativos de mensuração do retorno de projetos de P&D, Hassanzadeh & Bigdeli (2019) propõem uma nova fórmula para cálculo do ROI, dada por:

$$P\&DROI = \frac{(Ganhos\ de\ Investimento + Valor\ de\ Impacto\ Social + Prestígio\ Nacional + Ganhos\ Perpétuos) - Custo\ do\ Investimento}{Custo\ do\ Investimento}$$

Os autores indicam que retornos sobre projetos de P&D não englobam apenas retornos diretos sobre investimentos, mas também envolvem impactos sociais através do prestígio nacional e internacional adquiridos, influenciando outros ganhos a partir de sua decorrência (HASSANZADEH & BIGDELI (2019).

Um dos autores pioneiros na proposição de um formato de quantificação de retorno sobre investimento em projetos de inovação, Griliches (1979), também propõe modelos matemáticos envolvendo variáveis muitas vezes tidas como qualitativas como uma percepção geral. Dessa forma, variáveis como relevância da tecnologia, grau de crescimento e conhecimento acerca do assunto, por exemplo, podem ser consideradas.

Ainda de acordo com Griliches (1979), existem duas formas principais e muito difundidas por economistas para o cálculo de retorno sobre investimento em P&D, estão são estudos de casos históricos e estimativas de funções de produção contendo variáveis de P&D.

Para uma análise mais acessível e de mais fácil mensuração em momentos iniciais, aplicam-se conceitos de análise econômica de projetos para o cálculo de retorno sobre investimento em departamentos de pesquisa, desenvolvimento e inovação. Dessa forma, a robustez do método pode evoluir à medida que a maturidade das equipes envolvidas nas projeções também aumenta.

2.6 ANÁLISE ECONÔMICA DE PROJETOS

A busca por segurança na tomada de decisões que direcionam grandes companhias é cada vez maior. Isso se deve à um mundo globalizado e direcionado aos resultados, onde a zona de influência de uma ação pode gerar consequências inimagináveis. Segundo Costa, *et al* (2004), todo investimento realizado por uma empresa deve e sempre será visto como um desembolso com o objetivo de gerar um fluxo de benefícios futuros.

Portanto, a escolha pautada em dados confere cada vez mais segurança e confiança por parte de líderes internos das companhias e de investidores externos para tomadas de decisão. Essa configuração faz com que empresas se tornem mais analistas de potenciais riscos ou oportunidades a serem exploradas. Quando se avalia os departamentos de Pesquisa e Desenvolvimento, a utilização desse conceito torna-se ainda mais importante e estratégica.

De acordo com Phillips (2007), o sucesso de um projeto não deve ser medido apenas por conceitos convencionais de acompanhamento e monitoramento de atividades, tais como aderência ao orçamento inicial, prazo estipulado e produtos entregues conforme especificações. Todos os critérios ainda continuam sendo importantes, mas é preciso também considerar o impacto do projeto ou iniciativa no sucesso do negócio.

Dessa forma, a análise de viabilidade econômica de projetos, aliada à gestão estratégica das empresas, torna-se uma ferramenta indispensável para companhias que buscam assertividade de mercado. Segundo Pereira, *et al* (2017), a metodologia torna-se importante para a implantação de novos projetos e identificação de riscos que estes poderão apresentar para a companhia. Outro objetivo claro é evitar a perda financeira que maus investimentos podem trazer (PADUAM; *et al*, 2015).

2.6.1 Retorno Sobre Investimento (ROI)

O Retorno sobre Investimento (ROI) ou em inglês, *Return on Investment*, é uma métrica que mensura a taxa média de rentabilidade contábilística de um investimento. Alguns autores, como por exemplo Santos (2012), afirmam que o indicador foi criado em 1977 pela Gartner Group (empresa de consultoria Americana especializada em análise de tendências e usos da tecnologia da informação) e foi muito difundida na década de 90 através de projetos de implementação de Pacotes Integrados de Gestão, os chamados ERP. Já Phillips (2007), indica que o ROI já foi citado pela Harvard Business Review antes mesmo disso, em 1920, como uma ferramenta emergente para revelar o valor dos resultados de investimentos de capital.

Apesar da origem incerta, trata-se de uma ferramenta poderosa quando utilizada e aplicada de forma adequada (ANDRU & BOTCHKAREV, 2011). Segundo Paduam (2015), não há uma conformidade absoluta sobre os conceitos que estão presentes no numerador e denominador do cálculo do ROI. Além disso, Andru & Botchkarev (2011), também indicam a existência de múltiplas interpretações, tipos e versões para o cálculo do indicador. Em termos contábeis e analíticos, o ROI pode ser obtido através da expressão:

$$ROI = \frac{\text{Resultados Antes dos Impostos e Encargos Financeiros Líquidos}}{\text{Ativo Total Líquido}}$$

Sendo:

Resultados Antes dos Impostos: lucratividade da Empresa sem regime tributário

Encargos Financeiros Líquidos: despesas totais da Empresa

Ativo Total Líquido investimentos totais da Empresa

Apesar do cálculo descrito acima ser sugerido por Santos (2012) para uma análise de rentabilidade de ativos de uma companhia (recursos aplicados pela empresa), o ROI pode ser aplicado para diversas finalidades (PADUAM; *et al*, 2015), inclusive para um único e específico investimento. A métrica é bastante difundida na implantação de tecnologias de suporte a operações em ambiente de fábrica, novos processos, estratégias de marketing, entre outros (PHILLIPS, 2007).

Em outras palavras, o ROI é uma maneira de determinar a relação entre o valor aplicado (ou investido) e os ganhos financeiros obtidos com o investimento (PADUAM; *et al*, 2015). Nesse trabalho, trataremos o termo “investimento”, como um projeto que visa a entrega de um produto, processo ou serviço novo ou melhorado ou, simplesmente, um projeto de P&D.

Podemos então considerar o cálculo do Retorno sobre Investimento através de uma fórmula mais simples e genérica para qualquer tipo de investimento, de acordo com Andru e Botchkarev (2011):

$$ROI = \frac{\text{Retorno Obtido} - \text{Custo do Investimento}}{\text{Custo do Investimento}} (x100)$$

Sendo:

Retorno Obtido: receita gerada pelo investimento

Custo do Investimento: total de saídas e gastos gerados a partir do investimento

De acordo com Paduam, *et al* (2015), pode-se definir o retorno como lucro, renda, rendimento ou até mesmo ganho no período estipulado. Enquanto que o termo investimento refere-se ao valor de capital utilizado durante o período para gerar retorno.

Em termos práticos de aplicação, o Retorno sobre Investimento, pode ser representado por um número absoluto ou em termos percentuais. Utilizando como exemplo um investimento de projeto de R\$ 20.000 e uma receita (ou retorno) de R\$ 60.000 em um determinado período, temos o resultado a seguir:

$$ROI = \frac{60000 - 20000}{20000} = 2 \text{ ou } 200\%$$

Dessa forma o resultado indica que, a cada real investido no projeto, há um retorno de R\$ 2,00 (ou um retorno total de 200%). Analisando de forma matemática a equação, o resultado do ROI envolve um intervalo de -1 (ou -100%), no caso do projeto ou investimento não gerar lucro algum no período analisado, até o infinito, no caso do projeto ou investimento gerar lucros muito superiores ao valor investido inicialmente.

Apesar de não possuir uma variável temporal na fórmula do ROI, é importante ressaltar que esta deve ser levada em consideração no cálculo para uma análise mais assertiva ao longo de um período de tempo pré-definido. Além disso, a adoção de uma régua “mínima” para o retorno acaba sendo interessante para a tomada de decisão acerca do avanço ou não do investimento. Por exemplo, para algumas lideranças, um ROI de 100% já supre as necessidades da empresa, enquanto que para outros, o limite mínimo pode ser de 200 ou até mesmo 400%.

Verifica-se que o ROI envolve um cálculo relativamente trivial, porém, a utilização prática do ROI é complicada pelo elevado número de incertezas e controvérsias envolvidas. De acordo com Andru e Botchkarev (2011), o resultado do cálculo deve ser um número e, geralmente, este é apresentado para que decisões sejam tomadas.

Porém, quando comparamos apenas o ROI entre dois projetos, não são levados em consideração parâmetros importantes, como a certeza ou incerteza de sucesso do investimento. Dessa forma, a métrica ROI deve ser acompanhada de uma detalhada descrição dos termos, condições e premissas em que o cálculo foi baseado (ANDRU e BOTCHKAREV, 2011).

Dessa forma, propõe-se outras métricas complementares que auxiliam numa melhor análise para o retorno esperado para um projeto de P&D. Essas métricas são conhecidas também por indicadores de viabilidade econômica e são tratados como conceitos de administração financeira, auxiliando na análise de viabilidade econômica de projetos (KASSAI, 1996).

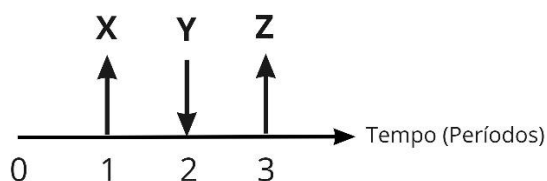
Os indicadores sugeridos para uma análise financeira de projetos são o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Período de Payback, sendo que todos relacionam-se com uma análise temporal e, conseqüentemente, com a construção de um fluxo de caixa. Quando aplicados dessa forma, estes podem determinar se um projeto é aceitável ou não e até mesmo classificar diferentes projetos de acordo com seus resultados esperados (GITMAN, 2010).

2.6.2 Fluxo de Caixa

O fluxo de caixa é uma ferramenta considerada básica e muito difundida para uma análise econômica de um projeto ou até mesmo das movimentações financeiras totais de uma empresa. Segundo Puccini (2011), o fluxo de caixa é uma sucessão temporal de entradas e saídas de valores no caixa de uma entidade.

As entradas e saídas geralmente são representadas por um diagrama, chamado comumente de diagrama de fluxo de caixa, onde os agentes envolvidos são representados em formato de setas que entram ou saem do fluxo (PUCCINI, 2011). A Figura 4 exemplifica a convenção utilizada para a elaboração de um fluxo de caixa.

Figura 4 – Exemplo de fluxo de caixa simples



Fonte: Autoria própria (2021)

Nesse caso, o eixo horizontal (abscissa) representa o período de tempo analisado e no eixo vertical (ordenada), são representados os valores de entradas e saídas através de setas orientadas. As entradas são, portanto, representadas por setas com orientação positiva (para cima) e saídas por setas com orientação negativa (para baixo) (PUCCINI, 2011).

Em uma aplicação rotineira, tabelas são mais utilizadas e a convenção de sinais é de valores positivos para receitas, e valores negativos para custos ou investimentos. Os valores negativos podem ainda ser representados na contabilidade pelo sinal de parênteses. Por exemplo, um valor de - R\$ 1.000,00 pode ser também representado por (R\$ 1.000,00).

A partir da construção e elaboração de um fluxo de caixa, a obtenção de outros indicadores fica mais facilitada. Isso ocorre, pois, as fórmulas de cálculo dessas métricas utilizam também o conceito de entradas e saídas.

2.6.3 Depreciação

Segundo Gitman (2010), a depreciação envolve um lançamento sistemático dos custos de um ativo imobilizado em relatórios financeiros e para fins fiscais. Os ativos imobilizados são considerados como bens tangíveis, ou seja, quando o valor investido se refere a equipamentos, maquinários e imóveis, majoritariamente.

O valor de depreciação da aquisição de ativos é descontado das receitas anuais da companhia e é regulado pela legislação tributária. O sistema modificado de recuperação acelerada de custos, ou em inglês, *Modified Accelerated Cost Recovery System* (MACRS) determina a depreciação fiscal (GITMAN, 2010).

Apesar dos custos com depreciação não serem desembolsáveis, ou seja, não causam modificação ou alteração no fluxo de caixa, estes devem ser considerados e avaliados em relatórios gerenciais e na formação do preço do produto final (PEREIRA, 2014). Isto pois, segundo Christmann (2009), a utilização da depreciação no exercício fiscal acarreta em um menor lucro tributável sobre os ativos da empresa, resultando em um menor imposto a pagar.

Para Gitman (2010), o entendimento acerca dos conceitos de valor depreciável de um ativo e a vida útil deste deve acontecer antes do cálculo propriamente dito da depreciação. O valor depreciável de um ativo, ou seja, o montante a ser depreciado, é dado pelo seu custo total (incluindo despesas de instalação. Já a vida útil de um ativo é o prazo em que o ativo se deprecia e é determinada, essencialmente, por padrões do MACRS. Para o sistema, existem seis prazos de recuperação (3, 5, 7, 10, 15 e 20 anos) de acordo com o tipo de ativo analisado (GITMAN, 2010).

Por tratar-se de um valor considerado por muitos de “contingência”, não sendo um valor que efetivamente deixa ou entra no fluxo de caixa das empresas, estas tratam os valores de depreciação como uma reserva financeira, de forma anual, para a aquisição de novos ativos (como novos equipamentos, por exemplo) (CHRISTMANN, 2009).

Segundo Osiro, *et al* (2001), os custos com depreciação são considerados custos fixos pois não variam de acordo com o volume de produção. Além disso, trata-se de um custo que não influencia em análises de curto prazo. Esta razão está diretamente relacionada com o tempo de vida útil de um ativo, geralmente contabilizada em anos (OSIRO; *et al*, 2001).

Dessa forma, a utilização destes custos para decisões a curto prazo torna-se irrelevantes e não influenciam no horizonte de planejamento. Porém, em horizontes de tempo maiores, estes devem sim ser utilizados (OSIRO; *et al*, 2001). Em paralelo, desenvolvimentos embrionários, como no caso de pesquisas iniciais de P&D, podem sofrer depreciação ao longo dos anos e tornarem-se obsoletos segundo Griliches (1979), tornando a consideração ainda mais relevante.

2.6.4 Impostos

De acordo com Neto (2019), os tributos, no campo de relação entre Estado e cidadão, são obrigações criadas por lei que impõem o dever de entregar parte dos bens e rendas, por parte dos indivíduos, para manutenção e desenvolvimento do Estado. Dentro da classificação de tributos, o Sistema Tributário Nacional (STN) está estruturado para permitir ao Estado a cobrança de cinco diferentes tipos de tributos.

Dentre eles, estão os impostos e estes podem ser classificados em diretos e indiretos. Os impostos diretos são aqueles cujos contribuintes são os mesmos que arcam com os custos da respectiva contribuição (por exemplo, o Imposto de Renda – IR). Já os impostos indiretos, são aqueles que podem ser transferidos, total ou parcialmente, dos contribuintes para terceiros (por exemplo, o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS) (NETO, 2019).

Os tipos de impostos mais comuns em projetos de grandes empresas são relacionados à transportes, fretes, aquisição de equipamentos e materiais e custos pessoais. Dessa forma, os impostos presentes no fluxo de caixa proposto neste trabalho serão o ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), PIS (Programa de Integração Social) e COFINS (Contribuição para Seguridade Social), sendo que os dois últimos possuem regras bastante similares (NETO, 2019).

O Imposto sobre Circulação de Mercadorias (ICMS) é um tributo estadual que é aplicado em produtos de diferentes tipos, geralmente materiais e equipamentos que são adquiridos pelas companhias, sendo aplicado em comercializações nacionais e internacionais (NETO, 2019). Neto ainda comenta que, por tratar-se de um imposto indireto, seu valor é adicionado ao valor final do produto comercializado ou do serviço prestado.

A alíquota (porcentagem de impostos do ICMS) é variada a partir do tipo de operação realizada e do local onde a comercialização foi realizada ou é direcionada. De acordo com Neto (2019), as operações podem ser: internas, com uma porcentagem de ICMS sobre o valor do produto, dependendo do estado (18% no estado da Bahia, por exemplo); interestaduais em geral, com uma alíquota de 12%; interestaduais, com saída dos estados das Regiões Sul e Sudeste com destino a outras regiões do país, com 7%; e operações interestaduais com destino para o consumidor final diretamente (dependendo do estado), também com 18% para a Bahia, por exemplo.

A contribuição para impostos de PIS foi criada pela Lei Complementar nº 7, nos anos de 1970 e o programa busca, principalmente, a integração entre o empregado do setor privado e o desenvolvimento e crescimento da empresa (NETO, 2019). Em paralelo, a Lei complementar nº 8/1970, também no mesmo ano, instituiu o Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público, no qual União, Estados, Municípios e Distrito Federal contribuem, mas nesse caso para o setor público (NETO, 2019).

A alíquota do imposto de PIS envolve uma porcentagem de 1,65% sobre o faturamento mensal da companhia (caso esta tenha optado pelo tipo “Lucro Real”), 0,65% sobre faturamento também mensal para empresas optantes do lucro presumido e 1% sobre a folha de pagamento dos funcionários para empresas sem fins lucrativos (NETO, 2019).

A Contribuição para Seguridade Social, ou COFINS, foi instituída pela Lei Complementar nº 70, no ano de 1991 e envolve uma contribuição social para financiamento da seguridade social e direitos relativos à saúde, previdência e assistência social ao cidadão (NETO, 2019). De acordo ainda com Neto (2019), a alíquota da COFINS é de 3% sobre o faturamento para as empresas tributadas pelo lucro previsto. Essa alíquota subiu para 4% a partir do ano de 2003 para instituições financeiras em geral. Já para empresas tributadas pelo lucro real, a alíquota é de 7,6% sobre o faturamento.

2.6.5 Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL) é considerado como uma técnica sofisticada de orçamento de capital, segundo Gitman (2010), pois considera explicitamente o valor do dinheiro no tempo. O VPL é, portanto, encontrado através de uma estimativa do valor atual do fluxo de caixa, utilizando uma taxa mínima de atratividade do capital. Em outras palavras, o valor presente líquido indica quanto valem os investimentos (e outras parcelas que serão pagas durante o desenvolvimento de um projeto) no presente momento (SANFELICE & ALBANEZ, 2016).

Em termos práticos, o valor do VPL pode ser calculado através da subtração do investimento inicial realizado no projeto do valor presente de suas entradas no fluxo de caixa, descontando uma taxa de custo de capital (ou taxa mínima de atratividade), de acordo com a fórmula a seguir (GITMAN, 2010).

VPL = Valor Presente das Entradas de Caixa – Investimento Inicial

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - FC_0$$

Onde:

FC_0 = Investimento Inicial do Projeto

FC_t = Valor Presente das Entradas de Caixa

r = Taxa de Custo de Capital da Empresa

t = Período de Tempo

n = Tempo Total de Análise

A taxa mínima de atratividade, ou TMA, significa a taxa mínima de retorno para o investidor em outros investimentos (STRACHOSKI, 2011). Segundo Junior, *et al* (2017), a TMA é uma taxa definida de acordo com a política de cada empresa e, para que o projeto se mostre rentável ao longo do tempo, a taxa de juros ou a taxa de custo de capital explicitada acima deve ser superior à TMA (STRACHOSKI, 2011).

A TMA é também muito utilizada em diversos outros cálculos além do valor presente líquido. Neste caso específico, ela é empregada no cálculo do VPL, mas também pode ser utilizada como forma de comparação entre o retorno esperado para o projeto e a taxa mínima de atratividade (PUCCINI, 2011).

Como se trata de uma taxa definida, geralmente, pela diretoria das empresas, é normal que encontremos cálculos de viabilidade econômica a partir de um indicador chamado média ponderada dos custos de capital, ou em inglês, *Weighted Average Cost of Capital* (WACC). Muitas empresas utilizam a WACC para cálculos de retorno sobre investimento, atribuindo a ela a função de uma taxa mínima de atratividade.

O WACC de uma empresa nada mais é do que uma taxa que relaciona todos os capitais que a estruturam e indica a remuneração mínima necessária para que a empresa mantenha o valor de suas ações e o respectivo crescimento sustentável da empresa (CATAPAN; *et al*, 2010). Dessa forma, entende-se que qualquer novo projeto, empreendimento ou negócio para a empresa deve apresentar uma taxa de retorno maior ou no mínimo igual à taxa de custo de capital (CATAPAN; *et al*, 2010).

Com relação à análise de valor e tomada de decisão acerca do VPL, o valor resultante precisa ser apenas analisado quanto a seu valor positivo ou negativo. Se o VPL indicar um valor maior do que zero, indica-se aceitar o projeto pois o valor presente das entradas de caixa é maior do que o valor presente das saídas. Ainda, um VPL maior do que zero indica que o projeto aumentaria o valor de mercado da empresa (GITMAN, 2010).

Caso o VPL indicar um valor menor do que zero, trata-se de um investimento inviável nas condições explicitadas (período de tempo e taxa de custo de capital), pois o valor presente das entradas de caixa (ou receitas), é menor do que o valor presente das saídas (SANFELICE & ALBANEZ, 2016; GITMAN, 2010).

2.6.6 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A taxa interna de retorno, ou TIR, também se classifica como uma técnica sofisticada de orçamento de capital segundo Gitman (2010). A métrica retorna como resultado a taxa de desconto que faz com que o valor presente líquido (VPL) seja igual a zero. Essa relação é interessante pois presume que o valor presente das entradas de caixa se igualem ao investimento inicial do projeto (GITMAN, 2010).

Em outras palavras, é a taxa de retorno anual composta que a empresa obterá, caso prossiga com o projeto e receba as entradas (ou receitas) previstas (GITMAN, 2010). Portanto, para que seja possível o cálculo da taxa interna de retorno, é necessário que se tenha conhecimento do valor de capital investido e dos fluxos de caixa líquidos gerados pelo investimento em questão (SANFELICE & ALBANEZ, 2016).

Em termos matemáticos, a fórmula de cálculo da TIR é idêntica ao cálculo do valor presente líquido, apenas com a modificação de que agora a taxa de custo de capital r é agora a TIR e que o valor de VPL é zero (GITMAN, 2010). Isto é, segundo Puccini (2011), a definição de TIR impõe a condição de nulidade do VPL.

$$VPL = 0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - FC_0$$

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} = FC_0$$

Geralmente para que a TIR seja obtida, softwares e calculadoras são amplamente utilizadas pela dificuldade de cálculo à mão, já que a incógnita se encontra em todos os termos do somatório do lado esquerdo da equação.

Para a tomada de decisão acerca da viabilidade de um investimento através do resultado de TIR, compara-se o resultado com a taxa de custo de capital inicialmente calculado ou estipulado para análise. Dessa forma, pode-se utilizar a taxa que for mais conveniente para observação. No caso deste trabalho, a WACC será utilizada para fins de análise de retorno.

Portanto, se a TIR for maior que o custo de capital, recomenda-se aceitar o projeto. Isso pois tal resultado deve aumentar o valor de mercado da companhia e a riqueza de seus proprietários e investidores, sendo considerado um investimento economicamente atraente. Já se a TIR for menor que o custo de capital, recomenda-se rejeitar o projeto pois este na verdade prevê uma redução do valor de capital da empresa (GITMAN, 2010; PUCCINI, 2011).

2.6.7 Período de *Payback*

O Período de *Payback* é o tempo necessário para que a empresa recupere o valor de investimento inicial de um projeto (GITMAN, 2010). Segundo Sanfelice & Albanez (2016), existem duas formas de se calcular o *payback* de um projeto:

- *Payback* Simples: não considera o valor do dinheiro no tempo
- *Payback* Descontado: considera o valor do dinheiro no tempo

Nesses casos, considerar o valor do dinheiro ao longo do período de análise significa dar importância às devidas taxas de juros e correções monetárias, fazendo com que haja uma análise mais detalhada e precisa acerca dos dados financeiros (SANFELICE & ALBANEZ, 2016). Christmann (2009) considera ainda que uma taxa de desconto pode ser considerada no cálculo de um *payback* descontado. Muitas vezes, essa taxa pode ser a taxa de atratividade, a taxa de captação de financiamento ou outra taxa definida.

O *payback* simples acaba sendo uma técnica mais popular, porém pouco sofisticada de análise de orçamento justamente por desconsiderar o valor do dinheiro no tempo (GITMAN, 2010).

O resultado de uma análise de *payback* é, portanto, uma medida de tempo em meses ou anos, dependendo da convenção escolhida. Entende-se que, quando menor o *payback*, maior a viabilidade do projeto, pois isso significa que em menor tempo o valor investido será retornado para a empresa. Em outras palavras, segundo Gitman (2010):

- Se o período de *payback* for menor que o período máximo aceitável, recomenda-se aceitar o projeto.

- Se o período de *payback* for maior que o período máximo aceitável, recomenda-se rejeitar o projeto.

O período máximo aceitável é definido pela direção da empresa, levando em consideração um valor que a administração acredita ser relevante para a geração de valor sobre os investimentos (GITMAN, 2010).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente capítulo tem por objetivo a exemplificação da metodologia proposta e utilizada posteriormente em uma aplicação prática. Nele, os métodos aplicados serão descritos a partir de uma aplicação de cálculo de retorno sobre investimento em projetos de Pesquisa e Desenvolvimento.

3.1 PLANO DE TRABALHO

A partir dos conceitos definidos anteriormente, propõe-se um método de cálculo de retorno sobre investimento em um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento de uma empresa de base florestal e produtora de papel e celulose, intitulada Beta S/A.

O projeto foi selecionado a partir de alguns critérios pré-estabelecidos, de acordo com a respectiva natureza, impacto final, nível de maturidade e relevância para a companhia. Assim, resultados interessantes seriam obtidos e poderiam embasar a decisão de continuidade do projeto e seu impacto enquanto desenvolvimento de um novo produto no portfólio da empresa.

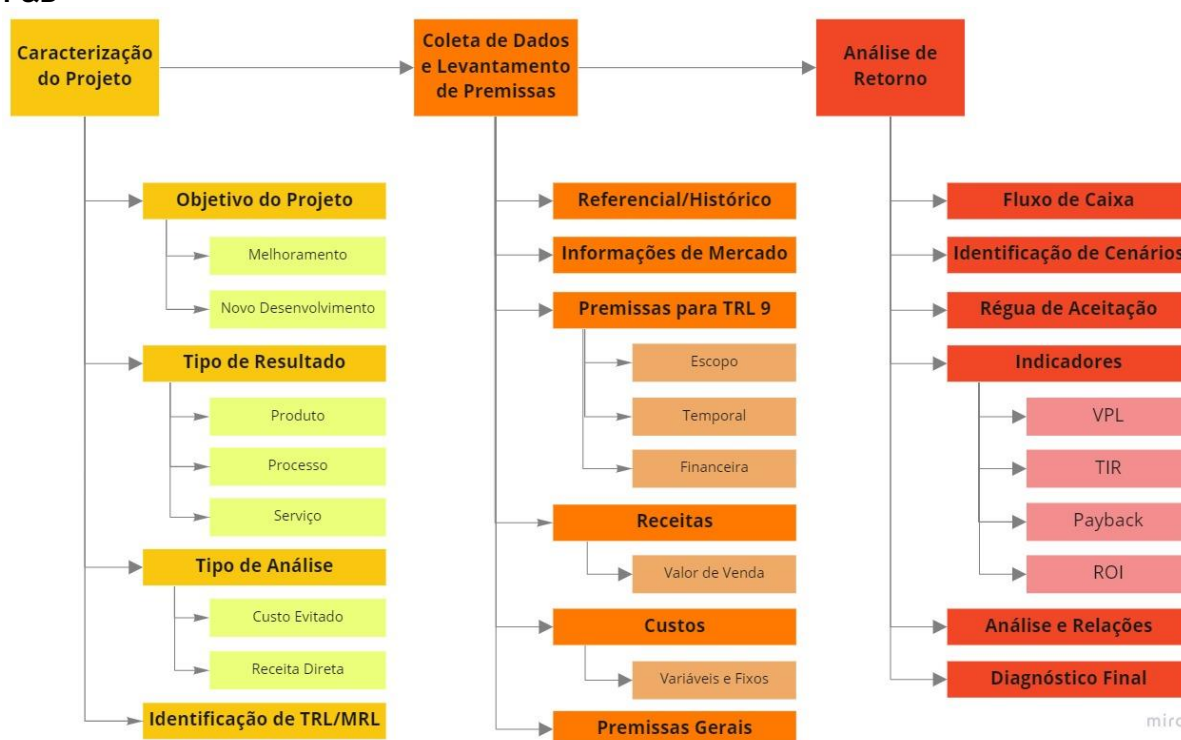
A aplicação de conceitos relativos à análise financeira será inteiramente baseada na metodologia VPL, TIR e *payback* de GITMAN (2010), descritas acima, além da inserção de uma métrica complementar (ROI). Os dados referentes ao projeto foram levantados e estudados em ambiente de aplicação direta e de acordo com parâmetros internos, mas tratados de forma confidencial.

A metodologia proposta do cálculo de retorno, em conjunto com o sistema de Nível de Maturidade Tecnológica, e sua aplicação foi utilizada de maneira a criar um método para quaisquer setores ou ambientes, desde que particularidades de cada um destes sejam considerados

3.2 METODOLOGIA PROPOSTA

A partir da união de conceitos referentes aos Níveis de Maturidade Tecnológica (TRLs), Retorno sobre Investimento, Fluxo de Caixa, Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e *payback*, elaborou-se um modelo prático para aplicação da metodologia em projetos com característica de P&D, conforme fluxograma da Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma da metodologia proposta para cálculo de retorno sobre investimento na P&D



Fonte: Autoria própria (2021)

De acordo com Roulstone & Phillips (2008), um modelo para cálculo do ROI confere uma abordagem mais sistemática através de passos sequenciais. Portanto, o sistema torna-se mais gerenciável e usuários, independente da área, podem tratar de uma fase por vez. Portanto, o retorno sobre investimento não se resume somente à uma fórmula a ser aplicada, mas a um processo (ROULSTONE & PHILLIPS, 2008).

A metodologia inicia, portanto, na caracterização do projeto a partir de particularidades que influenciam diretamente na análise de retorno sobre investimento e finaliza com a execução da análise financeira em si.

A proposta do trabalho envolve, sobretudo, o desenvolvimento e aplicação da metodologia para um caso particular, onde o retorno sobre investimento será analisado para um projeto de P&D. Entende-se, porém, a necessidade de aplicação em demais casos justamente pela particularidade de cada tecnologia e desenvolvimento.

3.2.1 Caracterização do Projeto

A primeira fase da análise de viabilidade econômica envolve a identificação de características a partir da natureza do projeto em questão. As características definem o estilo de gerenciamento dos projetos e, portanto, a forma com que as atividades tendem a ocorrer quando colocadas em um cronograma.

A identificação correta dos aspectos do desenvolvimento auxilia também no direcionamento de quais premissas devem ser adotadas, caso não haja um histórico que norteie as projeções. Além disso, segundo Roulstone & Phillips (2008), antes mesmo da análise de Retorno sobre Investimento começar, a identificação dos objetivos do projeto determina o nível de profundidade exigido na análise. Portanto, indica-se a identificação de três pontos principais

a) Quanto ao Objetivo do Projeto:

A classificação do projeto quanto ao seu objetivo relaciona-se com o que se espera atingir ao final da iniciativa. Geralmente, projetos de Pesquisa e Desenvolvimento possuem dois objetivos principais: o enfoque em um novo desenvolvimento para a companhia, visando o aumento de portfólio e atingimento de um novo nicho de mercado e o outro seria o aperfeiçoamento de características de um desenvolvimento já existente e consolidado.

b) Quanto ao Tipo de Resultado:

O tipo de resultado esperado no projeto está diretamente atrelado à característica anterior e classifica se o resultado esperado é um produto, processo ou serviço. Dessa forma, entende-se que um desses resultados será obtido através da implementação e execução projeto.

c) Quanto ao Nível de Maturidade Tecnológica (TRL/MRL):

O Nível de Maturidade Tecnológica indica a fase tecnológica em que o desenvolvimento está inserido através de uma escala de 1 a 9, sendo o TRL/MRL 1 um nível de iniciação da tecnologia, onde testes e hipóteses são validados e o TRL/MRL 9, um produto ou processo já consolidado e inserido no mercado.

Identificar a qual nível o projeto se encontra torna-se importante para a adoção de premissas futuras. Estas dizem respeito a quais são as fases posteriores do desenvolvimento para que este atinja a maior maturidade da escala (TRL/MRL 9), caso os resultados das suas atividades atuais se demonstrarem promissoras. Além disso, a percepção a respeito de premissas temporais e financeiras torna-se mais facilitada, conforme descrito em tópico seguinte.

A partir das características identificadas, pode-se direcionar o melhor formato de cálculo para o retorno sobre investimento (custo evitado ou receita direta). É importante ressaltar que características diferentes de projetos não alteram a metodologia em si para análise de retorno, mas como esta pode ser adaptada para um resultado mais assertivo e confiável.

O primeiro estilo de cálculo do retorno indicado (custo evitado) visa a substituição ou adaptação de uma nova matéria-prima ao processo já existente. Nesse caso, objetiva-se um processo mais eficiente através da redução de custos de produção. Nesse estilo de análise financeira, deve-se mapear dados existentes e identificar como o processo se modificaria caso o desenvolvimento fosse aplicado, olhando para um acréscimo ou decréscimo de custos de produção, por exemplo.

Já o segundo estilo (receita direta) trata de um novo produto, processo ou serviço a ser implementado pela empresa que antes não era produzido, gerando uma nova receita direta além das já conhecidas pela companhia. Nesse estilo de cálculo, a exigência por novos equipamentos e materiais pode ser maior e mais frequente, ou seja, novos investimentos. Nesse caso premissas devem ser adotadas, principalmente se o desenvolvimento não possuir antecedentes pela empresa.

3.2.2 Coleta de Dados e Levantamento de Premissas

O fato de que a Pesquisa & Desenvolvimento demanda um certo tempo entre a pesquisa básica e aplicação no mercado (e que a pesquisa corrente não tem efeito direto na mensuração de produtividade em até alguns anos), leva à ideia de que premissas devem ser adotadas (GRILICHES, 1979). Isso ocorre justamente pelos diferentes níveis de incerteza que cercam os projetos de P&D.

Portanto, cenários devem ser considerados, a partir de decisões conjuntas da equipe de execução e gerência, para que uma análise de retorno sobre investimento seja mais assertiva.

Roulstone & Phillips (2008) argumentam que a fase de coleta de dados é uma parte importante para a estratégia de avaliação e deve ser completa para que o desenvolvimento avance. Portanto, como passo seguinte à identificação das características do projeto, sugere-se a busca por referenciais e histórico que deem embasamento para a análise de retorno sobre investimento.

Os dados, por sua vez, relacionam-se com parâmetros interessantes para a conversão de informações qualitativas em informações primordialmente quantitativas para uma análise financeira. Estes devem possuir relevância temporal, principalmente no momento de desenvolvimento do produto ou em um futuro próximo. Além disso, a atenção em fontes confiáveis é primordial através de pesquisas de mercado e especialistas no ramo de análise.

Em resumo, os dados coletados nesta fase servem de base para toda a simulação de um fluxo de caixa e para os indicadores financeiros propostos. Dessa forma, é essencial que haja conhecimento a respeito dos custos anuais previstos para o desenvolvimento (tanto na fase de pesquisa quanto na fase de implantação da tecnologia), bem como as potenciais receitas geradas pelo novo produto, processo ou serviço em questão.

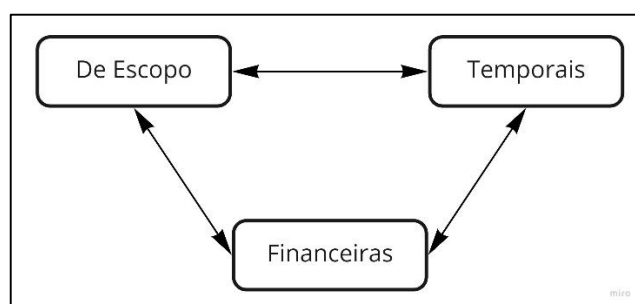
As premissas devem ser adotadas em paridade, ou seja, um valor financeiro deve estar acompanhado de seu respectivo indicador de quantidade e, de preferência, de tempo. Como exemplo pode-se citar o valor de previsão de venda de um produto no mercado. Sem um valor complementar de produção bruta ao ano, o indicador de venda torna-se insuficiente para uma análise de retorno sobre investimento. Dessa forma, a quantidade e a frequência de acontecimentos daquele custo ou receita esperada é necessária.

Com o conhecimento de qual será o resultado final do projeto, a busca por valores similares tanto externa quanto internamente à empresa é importante. Um desenvolvimento parecido no passado, um estudo de caso recente, informações também de receptividade do novo produto no mercado podem ser aspectos interessantes de serem investigados para projeções. Outro ponto relevante é enfoque aos indicadores que demonstram relação ou influência direta sobre o desenvolvimento.

Na aprovação de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento, é claro o objetivo final de aquisição de algum avanço tecnológico, seja este um novo produto, processo, serviço ou até mesmo, a simples comprovação de hipóteses identificadas para desenvolvimentos futuros. Ou seja, espera-se um resultado ao final do ciclo de vida do projeto. Desta forma, premissas devem ser adotadas para uma projeção de como, quando e com quanto em investimentos o desenvolvimento será efetivamente implementado no mercado.

A partir da verificação de qual nível de maturidade tecnológica a iniciativa atual se encontra no sistema de TRL/MRL, trabalha-se com premissas de escopo, financeiras e temporais para o atingimento de produção plena do produto visado. Estas estão diretamente relacionadas e são representadas pela Figura 6.

Figura 6 – Premissas adotadas para previsão de atingimento de maior TRL/MRL



Fonte: Autoria própria (2021)

Nesse caso, as premissas de escopo relacionam-se com as próximas fases esperadas para o desenvolvimento em caso de cenários positivos. As premissas financeiras envolvem previsão de gastos, também relacionados e dependentes às próximas fases do projeto. As premissas temporais relacionam-se à uma previsão de cronograma das atividades a serem executadas. Nos três casos, o objetivo é identificar de que maneira se chega a uma TRL 9, indicando aplicação direta no mercado do novo desenvolvimento.

Pode-se considerar que a adoção de premissas (exclusivamente para o cálculo de retorno sobre investimento) é mais interessante do que um planejamento propriamente dito dos futuros passos do desenvolvimento no projeto de P&D. Isso ocorre justamente pelo alto nível de incerteza de resultados no nível de maturidade em que o projeto pode ser encontrado, principalmente nos iniciais.

Por fim e a partir das premissas adotadas, propõe-se que o ano base (considerado o ano inicial do fluxo de caixa do projeto) seja o primeiro desembolso ou investimento do projeto, ou seja, sua fase atual, e os próximos anos serão relacionados também a investimentos para o atingimento da TRL 9. A partir do atingimento de maturidade tecnológica para implementação de mercado, inicia-se o fluxo de caixa com valores esperados de produção e comercialização do produto ou implementação do novo processo.

3.2.3 Levantamento de Custos

O levantamento de custos ou gastos para o cálculo de fluxo de caixa é essencial. A metodologia proposta envolve o levantamento a partir das etapas macro do ciclo de vida do projeto e de acordo com o tipo de gasto. Dessa forma, a partir da identificação e classificação das fases do ciclo de vida do projeto, o entendimento a respeito dos dispêndios necessários a cada fase torna-se mais claro.

Como exemplo, em ambiente industrial, a previsão de um possível teste industrial para verificação da qualidade do produto desenvolvido exige custos específicos e que, normalmente, já são mapeados e identificados pelo setor de produção. Ou ainda a necessidade de aquisição de um equipamento que não faz parte do dia a dia de um laboratório e que será essencial para o desenvolvimento de uma fase futura do projeto.

O exercício de vislumbrar etapas futuras do projeto, portanto, facilita na identificação de potenciais investimentos necessários. Todos estes devem ser elencados para uma análise financeira do projeto e, conseqüentemente, uma análise de retorno sobre investimento.

Os custos ainda podem ser classificados de acordo com seu tipo, sendo estes custos variáveis e custos fixos. Segundo Martins (2003), os custos variáveis são aqueles que possuem uma relação direta com a variação no nível de produção e/ou vendas. Dessa forma, esses custos aumentam ou diminuem com o acréscimo ou decréscimo dos níveis de produção e vendas. Como exemplo podemos citar os gastos mensais com matéria prima para a produção de embalagens.

Já os custos fixos são aqueles que, independentemente de flutuações de mercado, produção e vendas, se mantêm inalterados, como é o exemplo do salário de funcionários (MARTINS, 2003).

No caso de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento, custos fixos geralmente relacionam-se com testes industriais, manutenção, instalações (*facilities*), aluguéis, depreciação, contratação de serviços externos, aquisição de equipamentos, gastos com pessoal (salários, encargos e benefícios), viagens, treinamentos e capacitações. Já os custos variáveis podem ser de reagentes químicos da produção, materiais em geral, gastos com utilidades (água, energia, vapor e óleos), embalagens, tratamento de efluentes, entre outros.

Assim, a aplicação da metodologia deve associar os custos variáveis ao longo de um fluxo de caixa através de premissas de produção e, os custos fixos, somados a estes como custos independentes à variações externas ou internas. Torna-se essencial ressaltar que absolutamente todos os tipos de custos devem ser analisados nessa fase, sendo esses anteriores de fases passadas, atuais e posteriores.

3.2.4 Levantamento de Receitas

As receitas da implementação de projetos relacionam-se com a entrada de valor no fluxo de caixa em análise. Geralmente, as receitas são identificadas somente na fase de implementação da tecnologia, onde efetivamente a comercialização do produto acontece. Porém, existem outras formas de receita que podem ser adquiridas ao longo do desenvolvimento do projeto.

As receitas a partir da venda dos produtos, geralmente são mensuradas através do preço líquido (R\$ por tonelada), sendo necessária a identificação da quantidade produzida naquele intervalo de tempo (mês ou ano), para inserção no fluxo de caixa.

Outros meios de identificação de receita de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento podem relacionar-se com o registro de patentes acerca de produtos novos desenvolvidos. Dessa forma, dependendo dos termos de negociação e possíveis parcerias com entidades externas, o pagamento de Royalties também deve ser considerado no cálculo.

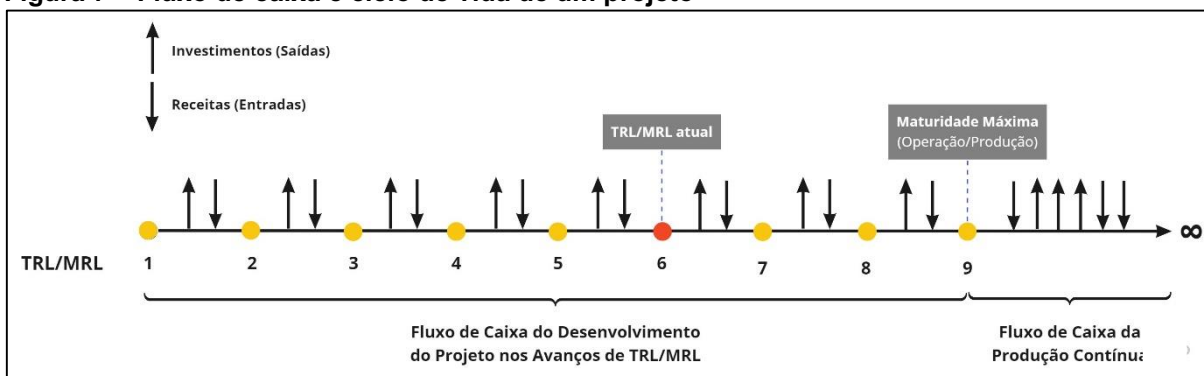
Quando testes industriais são realizados para verificação da aplicação de um novo produto no meio produtivo, geralmente tem-se um produto no final do processo. Caso este atenda às especificações e exigências dos clientes, torna-se um produto comercializável, gerando uma receita e recuperação mínima a partir dos gastos com o teste industrial. Em caso negativo, geralmente o produto retorna ao processo como refugo ou é direcionado para o descarte, potencialmente gerando maiores gastos.

3.2.5 Análise de Retorno

A fase de análise de retorno consiste na aplicação dos conceitos referentes ao fluxo de caixa e dos indicadores financeiros que mensuram o retorno sobre investimento esperado. Portanto, para a decorrência dessa fase, é importante que a fase de identificação das características do projeto, coleta de dados e levantamento de premissas tenha acontecido de forma aprofundada.

A partir dessas informações, pode-se construir o fluxo de caixa com entradas e saídas ao longo de todo o ciclo de vida do projeto, de acordo com a Figura 7.

Figura 7 – Fluxo de caixa e ciclo de vida de um projeto



Fonte: Autoria própria (2021)

No fluxo de caixa proposto, considera-se um projeto de TRL/MRL 6 para que a metodologia seja exemplificada. Neste caso, o fluxo conta com uma movimentação inicial, para desenvolvimentos em fases primárias (TRL/MRL 1), e um fluxo posterior, com entradas e saídas até o atingimento de um TRL/MRL 9 e a decorrência deste, quando a tecnologia, produto ou processo tornam-se rotina da produção da empresa, gerando receitas diretas e custos de fabricação e comercialização.

No exemplo, o fluxo de caixa está presente no ciclo de vida completo do projeto, desde sua ideia até a produção. Porém, é essencial a identificação de qual nível de maturidade tecnológica o projeto efetivamente nasceu e quando as movimentações financeiras iniciaram. Esse passo torna-se importante pois, para o cálculo de retorno sobre investimento, deve-se considerar absolutamente todos os custos do projeto.

Como citado anteriormente neste mesmo trabalho, o sistema de TRLs não possui fluxo único e não deve, essencialmente, ter início em um nível 1 de maturidade tecnológica. Ele pode ser inserido, por exemplo, diretamente em uma fase de construção de um protótipo caso as hipóteses de pesquisa inicial já fossem comprovadas e certas.

Com relação ao período de tempo do fluxo de caixa, este depende das características do projeto, dos avanços dos níveis de maturidade e do tempo estipulado para análise do fluxo de caixa após o atingimento de uma TRL/MRL. A definição dos períodos (em meses ou anos) depende das premissas adotadas na Fase 2 da metodologia e também do ritmo de desenvolvimento e inserção de novos produtos da empresa em análise. Em alguns casos, um novo produto pode ser desenvolvido e atingir o mercado em um ano, em outros casos, em três ou mais.

Nessa fase, há também a identificação de cenários diversos para que se tenha perspectivas diferentes acerca da análise de retorno sobre investimento. A modificação de cenários pode envolver a adoção de uma faixa de valores em uma premissa, por exemplo, a alteração da taxa de juros aplicada no fluxo de caixa ou o horizonte temporal da análise.

A utilização de indicadores financeiros para a análise de retorno sobre investimento deve ser acompanhada de uma régua mínima de aceitação, geralmente proposta e aceita pela alta gerência das companhias. Esta é definida a partir do histórico da companhia e a partir da percepção de valor acerca de retorno nos investimentos.

Portanto, os indicadores de VPL, TIR, payback e ROI propostos nesse trabalho e suas respectivas análises seguem critérios de aceitação da empresa objeto de estudo. Para cálculo dos indicadores em si, utilizou-se as fórmulas básicas descritas em tópicos anteriores e estas foram aplicadas em uma planilha Excel, para automatização e dinamismo nos cálculos.

Para uma construção de fluxo de caixa e análise de retorno sobre investimento, recomenda-se a aplicação de conceitos inerentes à quaisquer relatórios fiscais em grandes empresas, tais como depreciação de ativos imobilizados e impostos sobre as movimentações e aquisições. Essas definições auxiliam na maior confiabilidade de dados com a realidade de companhias e do mercado e devem ser descontados, em momento certo, dos ativos da companhia no fluxo de caixa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo tem por objetivo a aplicação da metodologia proposta para cálculo de retorno sobre investimento em projeto de Pesquisa e Desenvolvimento, tratando-o como um estudo de caso. Espera-se, portanto, que através da aplicação do método, haja uma validação e discussão a respeito de pontos de melhoria para incremento em aplicações futuras.

4.1 AMBIENTAÇÃO

A crescente preocupação com a substituição de componentes fósseis e não renováveis por componentes mais sustentáveis vem crescendo em diversos setores, sobretudo no setor de base florestal e produção de papel e celulose. A “marca verde” de grandes companhias traz um viés mais competitivo ao mercado através do desenvolvimento de produtos e processos inovadores. Um dos principais norteadores dos departamentos de P&D das grandes companhias do setor acaba sendo, portanto, a sustentabilidade.

O questionamento evidente a respeito da utilização massiva de compósitos de polímeros a partir de fontes fósseis ganha cada vez mais força, pois a biodegradação destes materiais pode chegar a centenas de anos. Sendo assim, uma substituição parcial e gradativa deste material por outro com maior degradabilidade (por exemplo, de origem celulósica) na confecção de produtos certamente contribuirá para a redução de poluentes recalcitrantes no meio ambiente.

O estudo de caso envolve um projeto de P&D que busca, portanto, a substituição de parte da matriz polimérica de polietileno (PE) e polipropileno (PP) por componentes celulósicos da madeira, obtendo-se um compósito polímero-celulose para uso em diferentes aplicações. A ideia do desenvolvimento é a aplicação direta do componente de base renovável e análise das propriedades desta utilização no produto final. Dessa forma, o projeto torna-se interessante para a estratégia da empresa Beta S/A, na ampliação de portfólio para novos produtos e novas aplicações do componente de origem florestal, viabilizando a produção em larga escala da matéria-prima.

Uma característica do desenvolvimento é que, nesse momento, não se espera uma substituição total do plástico pelo componente renovável, principalmente pelas diferenças estruturais entre o componente e os plásticos amplamente difundidos. Porém, há a expectativa de que com o avanço das pesquisas, o mercado seja cada vez mais impactado e ampliado pela inovação.

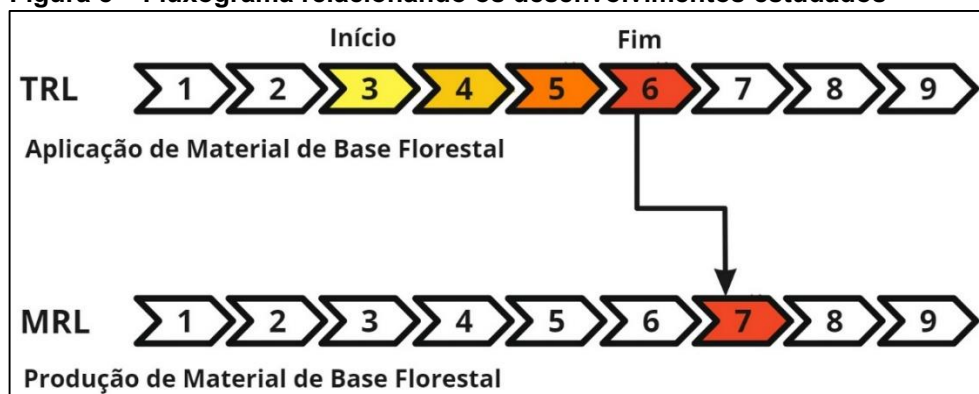
O desenvolvimento avaliado teve início no ano de 2019 e foi concluído em 2021. As fases do desenvolvimento envolveram a amostragem, testes laboratoriais e em escala piloto e avaliação das propriedades dos compósitos polímero-material celulósico. O material compósito foi testado na produção de protótipos de embalagens para envase de produtos cosméticos líquidos e protetores faciais (*faceshield*).

Dessa forma, a iniciativa avaliada pode ser dividida em dois projetos distintos, sendo um subsequente ao outro. Pode-se dizer que o projeto de aplicação do compósito renovável evoluiu em níveis de maturidade tecnológica ao longo de seu desenvolvimento (de uma TRL 3 para TRL 6), mas não avançará mais. Isso porque o ciclo de vida do projeto se encerra apenas com a confirmação ou não da eficácia do novo compósito polímero-celulósico.

A continuidade do projeto é dada então pela produção larga escala da matéria-prima para o mercado de polipropileno. Este encontra-se em um nível de MRL 7, ou seja, há a capacidade de produzir o produto (matéria-prima) ou seus subconjuntos em ambiente representativo de produção, mas em modelos inativos (CAPDEVILLE; *et al*, 2017).

A interação entre os desenvolvimentos, alocados devidamente no sistema de níveis de maturidade tecnológica podem ser melhor visualizados no fluxo abaixo, de acordo com Figura 8.

Figura 8 – Fluxograma relacionando os desenvolvimentos estudados



Fonte: Autoria própria (2021)

Através da Figura 8, fica evidente a fluidez de evolução dos níveis de maturidade tecnológica de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento. Através de um resultado positivo de um desenvolvimento, este passa a dar embasamento para a continuidade de outro projeto. Neste caso, o projeto iniciou seu desenvolvimento em um TRL 3, mas não atingirá mercado (TRL 9) a partir de seu desenvolvimento por questões de portfólio e enfoque de produtos da companhia Beta S/A. Um TRL 9 somente será atingido através de um outro desenvolvimento sequencial.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

As características do projeto são descritas de acordo com a Tabela 6, identificando pontos importantes para a ambientação acerca da natureza e maturidade do desenvolvimento. Trata-se da Fase 1 da metodologia proposta, necessária para os próximos passos de coleta de dados, levantamento de premissas e análise de retorno.

Tabela 6 – Caracterização do projeto estudo de caso

Parâmetro de Classificação	Característica
Objetivo do Projeto	Novo Desenvolvimento
Tipo de Resultado	Processo
Tipo de Análise	Receita Direta
Nível de Maturidade Tecnológica Atual (aplicação da matéria-prima)	6
Nível de Maturidade Tecnológica Atual (produção da matéria-prima)	7

Fonte: A autoria própria (2021)

O objetivo do projeto envolve o desenvolvimento de uma nova matéria-prima, que será produzida em larga escala, para um mercado onde a empresa Beta S/A ainda não atua. O tipo de análise, portanto, é de receita direta sobre a produção do novo produto. Ou seja, deve-se analisar a receita de venda líquida do material no mercado.

4.3 COLETA DE DADOS E LEVANTAMENTO DE PREMISSAS

4.3.1 Investimento sobre Níveis de Maturidade

Os custos mapeados de seu desenvolvimento estão presentes na Tabela 7, de acordo com sua respectiva classe de custo.

Tabela 7 - Valores dispendidos no projeto por classe de custo

Classe de Custo	Valor (R\$)
Assessoria Jurídica	4.823,69
Cursos e Treinamentos	1.830,00
Despesas com Viagens (Nacional)	7.938,86
Diversos*	290.666,01
Fretes Diversos	1.154,22
Materiais de Laboratório	7.920,00
Total	314.332,77

*A classe de custos “Diversos” é referente à contratação de serviços terceiros enquanto parceria, para desenvolvimento em conjunto da tecnologia.

Fonte: Beta S/A (2021)

Os desembolsos do projeto (até o atingimento de sua maturidade 6), envolvem portanto um gasto total de R\$ 314.332,77. Testes industriais da aplicação do componente renovável foram realizados em parceiros externos. Dessa forma, os custos relacionados aos insumos (químicos, energia, entre outros) foram suprimidos pelo parceiro.

Para fins de validação do desempenho do compósito em aplicação, foram enviadas amostras gratuitas para testes em terceiros. Portanto, não houve geração de receita nesta fase do projeto. Também não é considerada a geração de receitas através do recebimento de *royalties*, uma vez que o registro de patente não foi considerado.

Para avanço da tecnologia até o nível de produção em larga escala (MRL 9) do componente de base florestal, adotou-se a premissa de desembolso de aproximadamente R\$ 400 mil para realização de futuros testes em escala industrial para adequação das características da matéria-prima e aperfeiçoamento das propriedades do compósito a base de polipropileno e material celulósico. Considera-se que esse desembolso acontecerá nos próximos 2 anos, para atingimento de maturidade máxima do desenvolvimento.

4.3.2 Mercado de Polipropileno no Brasil

Para levantamento de informações a respeito do mercado de polipropileno e seus tipos de carga no Brasil, a companhia Beta S/A realizou uma pesquisa de mercado no ano de 2019, com dados referentes aos anos de 2017 e 2018. O principal intuito da pesquisa de mercado seria entender o potencial e grandeza do mercado de plásticos no país e direcionar estudos de P&D para o desenvolvimento de novos produtos.

De acordo com a pesquisa, a oferta de compostos de polipropileno (PP) no Brasil vem principalmente de importações (12%) e de produtores locais (88%), sendo que as exportações são pouco significativas (menos de 1%). A distribuição do mercado brasileiro de compostos de PP pode ser visualizada a partir da Tabela 8.

Tabela 8 - Volume de polipropileno em toneladas por tipo de oferta (2017)

Oferta	Volume (toneladas/ano)
Produção	127.664
Importação	17.810
Exportação	3.291
Consumo Aparente Total	142.183

Fonte: Beta S/A (2019)

A matéria-prima de base florestal produzida pela empresa Beta S/A poderá substituir componentes que atualmente são aplicados na resina de polipropileno, com o intuito de trazer um viés mais biodegradável para o compósito polimérico e, também, incremento de propriedades químicas, físicas e mecânicas. Dessa forma, somente o conhecimento acerca do volume de produção de PP no Brasil não é suficiente.

É necessário também entender a distribuição do consumo de cargas e aditivos desses produtos de origem fóssil. Este dado é mostrado na Tabela 9, através de valores percentuais a partir do consumo aparente total indicado na Tabela anterior.

Tabela 9 – Distribuição do mercado de compostos de polipropileno por tipo de carga (2017)

Oferta	Volume (%)	Volume (toneladas/ano)
Talco	60	85.309,8
Fibra de Vidro	20	28.436,6
Carbonato de Cálcio	15	21.327,45
Outros	5	7.109,15

Fonte: Beta S/A (2019)

A partir dos dados mapeados, foi observado que o mercado utiliza em um maior volume o talco como carga para a produção de materiais compósitos, indicando uma aplicação muito consolidada do componente. Porém, este é tratado como uma carga na aplicação em materiais poliméricos, principalmente para a redução de custos de produção. Dessa forma, a produção do compósito de polipropileno necessita de menor quantidade de materiais nobres (ou até mesmo da própria resina de polipropileno).

As características do material de origem florestal estudado pela empresa Beta S/A possui características mais nobres, de valorização do compósito final e possível aprimoramento de seus parâmetros químicos, físicos e mecânicos, sendo considerado um aditivo. Dessa forma, optou-se pela escolha da potencial substituição e competitividade de mercado com a fibra de vidro (também considerado um aditivo pelo mercado).

A comprovação técnica e a busca por semelhanças nas características entre os dois componentes é essencial para que a premissa adotada seja coerente e reflita em resultados de retorno sobre investimento positivos.

Através da escolha do mercado específico para potencial venda do material desenvolvido, obtemos um valor total de produção de 28.436,6 toneladas/ano. Adotando a premissa de que a empresa Beta S/A planeja atingir uma porcentagem de 15% do mercado de fibra de vidro e que a substituição do material de base celulósica será de 25% na composição final do compósito polimérico, uma produção de 1066,37 toneladas/ano é esperada para que a demanda seja suprida.

4.3.3 Identificação dos Custos de Produção

A produção de um novo componente químico em larga escala exige uma análise de custos robusta e aprofundada. Isso pois, no caso de adequação ou até mesmo construção de uma nova planta, o investimento deve ser completamente assegurado de retorno no futuro a partir de decisões gerenciais das companhias.

A projeção de gastos para a implementação de uma planta para produção do novo aditivo renovável de base florestal, segundo estudos da própria empresa Beta S/A, gira em torno de R\$ 17.8 milhões. Porém, espera-se com o investimento suprir ou produzir material vendável para uma produção inicial de 500 toneladas/ano do composto de base florestal para o cliente final.

O mapeamento de custos variáveis de produção do compósito envolve a comparação entre o esperado para produção inicial e o cenário proposto, onde uma parcela do mercado de fibra de vidro seria atingido. A comparação entre os dois cenários é apresentada na Tabela 10.

Tabela 10 – Valores de custos de produção da matéria-prima de base florestal e comparação de cenários

Parâmetro	Cenário 1 (Atual)	Cenário 2 (Proposto)
	Valor	Valor
Produção (toneladas/ano)	500	1066,37
Custo de Produção Compósito Bruto (R\$/tonelada)		600
Porcentagem de Sólidos (%)		8
Custo de Produção Compósito Seco (R\$/tonelada)		7.500
Custo de Produção Anual (R\$/tonelada.ano)	3.750.000	7.997.793,75

Fonte: A autoria própria (2021)

Através de uma análise de distribuição de custos e readequação de planejamento para uma planta futura atendendo à estimativa de produção elencada em tópico anterior (representando um aumento de 213%), o investimento em uma planta deveria ser de aproximadamente R\$ 38 milhões, considerando 70% dos gastos com custo de construção e investimento civil e 30% com custos fixos (salários, encargos e benefício de contratações, manutenção, instalações (*facilities*), custos gerais, alugueis e depreciação).

Um ponto importante com relação à produção de um composto é o entendimento acerca de dois conceitos: produção bruta e produção seca ou vendável. O primeiro trata da produção total do componente, sem este estar preparado para a comercialização. Trata-se apenas dos custos de extração da matéria-prima. Já o segundo, trata da transformação e adequação da matéria-prima para as condições interessantes de mercado (secagem, por exemplo), sendo considerado o material “seco”.

Considerando uma porcentagem inicial de 8% sólidos presentes na matéria-prima, foi obtido o custo relativo à produção para a comercialização de R\$ 7.500 por tonelada de material seco, conforme Tabela anterior.

Os parâmetros de valores por tonelada foram transformados em valores por tonelada ano. Dessa forma, o custo variável de produção esperado do novo aditivo é de R\$ 7.997.793,75 por tonelada/ano. Sendo assim, os custos variáveis relacionam-se com custos de utilidades (água, energia, vapor e óleos), materiais de consumo e auxiliares de processo, reagentes químicos, embalagens e celulose de mercado.

4.3.4 Identificação de Receitas do Projeto

A receita esperada pela comercialização do aditivo de base florestal foi gerada por uma análise comparativa entre os valores praticados no mercado para comercialização de cargas para produção de compósitos de polipropileno. De acordo com a pesquisa de mercado realizada pela empresa Beta S/A no ano de 2019, os preços praticados no ano de 2018 podem ser visualizados na Tabela 11.

Tabela 11 – Preços praticados das cargas do composto de polipropileno (2018)

Produto	Faixa de Preços Praticados	
	Valor Mínimo (R\$/tonelada)	Valor Máximo (R\$/tonelada)
Resina de Polipropileno	6.750	7.219
Fibra de Vidro	12.320	21.280
Talco	2.400	5.600
Carbonato de Cálcio	500	800

Fonte: Autoria própria (2021)

O composto selecionado para potencial substituição de mercado é a fibra de vidro, no qual dois cenários foram propostos, um a partir de seu valor mínimo de comercialização e outro a partir de seu valor máximo. Assim, multiplicando os respectivos valores pela produção esperada em toneladas, obtemos os valores de receita esperada conforme Tabela 12.

Tabela 12 – Valores mínimos e máximos para venda da matéria-prima de base florestal

Parâmetro	Valor Mínimo (Cenário 1)	Valor Máximo (Cenário 2)
Média de Preço (R\$/tonelada)	12.320	21.280
Receita Esperada por Ano (R\$/tonelada.ano)	13.137.709,2	22.692.406,8

Fonte: Autoria própria (2021)

Por fim, espera-se uma receita de comercialização do compósito de base florestal na faixa de, aproximadamente R\$ 13,1 milhões a R\$ 22,7 milhões ao ano por tonelada.

A ideia central da utilização dos valores praticados para comercialização da fibra de vidro em mercado é que os consumidores finais do produto não sintam diferença entre o aditivo comum e o de base florestal. Em caso de melhorias futuras da qualidade do produto em questão, recomenda-se considerar o aumento dos valores de venda.

Outro parâmetro interessante de ser incorporado na análise é o conceito de “*Learning Curve*”, principalmente relacionado às produções industriais. É normal que as primeiras produções anuais não atinjam 100% da produção esperada justamente pela curva de aprendizado acerca do processo, ajustes de máquina e adequações de parâmetros industriais, por exemplo.

Dessa forma, para os primeiros 2 anos de produção, foi considerada a porcentagem relativa à produção do material a ser produzido e, conseqüentemente, aos seus valores de custos variáveis e receitas geradas, segundo a Tabela 13.

Tabela 13 – Percentual de atingimento de produção de acordo com a “*Learning Curve*”

Ano	Porcentagem de Atingimento de Produção (%)
0	0
1	50
2	70
3	100
4	100
...	100

Fonte: Autoria própria (2021)

Portanto, com a identificação dos custos e receitas dos desenvolvimentos, o próximo passo é a construção do fluxo de caixa, inserindo os valores obtidos a partir de conceitos de gestão financeira para que as métricas direcionem a um resultado positivo ou negativo acerca do retorno sobre o investimento.

4.3.5 Premissas Gerais

Outras premissas importantes a serem definidas para a análise financeira do projeto são relacionadas à Taxa Mínima de Atratividade (TMA), porcentagem de impostos sobre custos e receitas, descontos de depreciação dos ativos imobilizáveis e premissas temporais para análise do fluxo de caixa.

A TMA considerada para o projeto, para cálculo de VPL, TIR e *payback* Descontado, é a média ponderada dos custos de capital (WACC) da empresa Beta S/A. Para termos de cálculo, adota-se um valor de 9%. Para os impostos de ICMS, uma alíquota de 12% foi considerada e, para PIS/COFINS, um valor percentual de 9,25%. Os valores correspondentes a depreciação e outros impostos possuem valores internalizados na planilha de cálculos e são calculados automaticamente a partir de valores tabelados pela empresa Beta S/A.

As premissas temporais para análise de fluxo de caixa relacionam-se com quatro principais: mês e ano atual, ano base, início previsto da operação e período de projeção. O mês e ano atual consideram o mês em que a análise foi realizada, para que este seja considerado no cálculo de VPL. Dessa forma, a data de Junho de 2021 foi escolhida.

Para o ano base, considerou-se o ano de 2019 como parâmetro, já que trata-se do início do desenvolvimento tecnológico e, portanto, do início do fluxo de caixa.

O início previsto de operação escolhido foi o mês de abril de 2023, data considerada como o começo das atividades de produção em larga escala da matéria-prima sustentável.

O período de projeção adotado foi de 14 anos, sendo uma escolha interna para uma análise de retorno considerando os quatro primeiros anos de desenvolvimento tecnológico e dez anos posteriores ao início da produção. A indicação da utilização de um horizonte de dez anos ocorreu a partir da experiência da Área de Planejamento e Análise de Projetos de Engenharia, da própria equipe Beta S/A.

4.4 ANÁLISE DE RETORNO

A partir da coleta de dados e adoção de premissas, o fluxo de caixa foi montado com os desembolsos e receitas do projeto. Dois cenários foram considerados para a análise, sendo um com um valor mínimo para venda do composto de base florestal e outro com valor máximo, analisaremos dois fluxos de caixa com os respectivos valores de receita direta.

A planilha utilizada em Excel conta com as entradas de custos, receitas e premissas temporais e financeiras. A estrutura da ferramenta foi fornecida pela área de Planejamento e Análise de Projetos de Engenharia da empresa Beta S/A e implementada na área de Pesquisa e Desenvolvimento. Esta não aplicava a metodologia de retorno sobre investimento de forma aprofundada e robusta. A planilha conta ainda com informações de Controladoria, Área de Impostos e Jurídico, para cálculo mais assertivo a respeito de taxas, depreciação e impostos.

Os fluxos de caixa construídos nos Cenários 1 e 2 são indicados nas Figuras 9 e 10, respectivamente.

Figura 9 – Fluxo de Caixa para uma Receita Anual Mínima (Cenário 1)

Valuation - Fluxo de Caixa	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	VT
Vendas Líquidas	-	-	-	-	-	6.569	9.196	13.138	13.138	13.138	13.138	13.138	13.138	13.138	13.138	-
Total Custos Variáveis	-	-	-	-	-	-3.724	-5.213	-7.447	-7.447	-7.447	-7.447	-7.447	-7.447	-7.447	-7.447	-
Total Despesas (Fixo Dir., Ind., Adm. Vendas)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EBITDA	-	-	-	-	-	2.845	3.983	5.691	5.691	5.691	5.691	5.691	5.691	5.691	5.691	-
- Depreciação	-	-10	-24	-29	-47	-1.926	-1.926	-1.926	-1.926	-1.926	-1.926	-1.915	-1.902	-1.897	-1.879	-
= EBIT	-	-10	-24	-29	-47	920	2.058	3.765	3.765	3.765	3.765	3.775	3.789	3.793	3.812	-
- Impostos	-	4	8	10	16	-313	-700	-1.280	-1.280	-1.280	-1.280	-1.284	-1.288	-1.290	-1.296	-
NOPAT	-	-7	-16	-19	-31	607	1.358	2.485	2.485	2.485	2.485	2.492	2.501	2.504	2.516	-
+ Depreciação	-	10	24	29	47	1.926	1.926	1.926	1.926	1.926	1.926	1.915	1.902	1.897	1.879	-
+ Resultado não-operacional após Impostos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
= Fluxo de Caixa das Operações	-	4	8	10	16	2.533	3.284	4.411	4.411	4.411	4.411	4.407	4.402	4.401	4.395	-
- Variação Capital de Giro	-	-	-	-	-3.823	440	440	440	440	98	98	98	98	98	98	-
- Capex	-104	-136	-45	-182	-33.255	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
= Investimentos Líquidos	-104	-136	-45	-182	-37.078	440	440	440	440	98	98	98	98	98	98	-
Fluxo de Caixa Livre	-104	-133	-37	-172	-37.063	2.972	3.724	4.850	4.850	4.509	4.509	4.505	4.501	4.499	4.493	-
Fator de Desconto	9,00%	1,1380	1,0440	0,9578	0,8787	0,8062	0,7396	0,6785	0,6225	0,5711	0,5240	0,4807	0,4410	0,4046	0,3712	0,3405
Valor Presente do FCL	-118	-138	-36	-151	-29.879	2.199	2.527	3.019	2.770	2.362	2.167	1.987	1.821	1.670	1.530	-

Fonte: Beta S/A (2021)

Figura 10 – Fluxo de Caixa para uma Receita Anual Máxima (Cenário 2)

Valuation - Fluxo de Caixa	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	VT
Vendas Líquidas	-	-	-	-	-	11.346	15.885	22.692	22.692	22.692	22.692	22.692	22.692	22.692	22.692	-
Total Custos Variáveis	-	-	-	-	-	-3.724	-5.213	-7.447	-7.447	-7.447	-7.447	-7.447	-7.447	-7.447	-7.447	-
Total Despesas (Fixo Dir., Ind., Adm. Vendas)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EBITDA	-	-	-	-	-	7.623	10.672	15.245	15.245	15.245	15.245	15.245	15.245	15.245	15.245	-
- Depreciação	-	-10	-24	-29	-47	-1.926	-1.926	-1.926	-1.926	-1.926	-1.926	-1.915	-1.902	-1.897	-1.879	-
= EBIT	-	-10	-24	-29	-47	5.697	8.746	13.320	13.320	13.320	13.320	13.330	13.344	13.348	13.366	-
- Impostos	-	4	8	10	16	-1.937	-2.974	-4.529	-4.529	-4.529	-4.529	-4.532	-4.537	-4.538	-4.545	-
NOPAT	-	-7	-16	-19	-31	3.760	5.772	8.791	8.791	8.791	8.791	8.798	8.807	8.810	8.822	-
+ Depreciação	-	10	24	29	47	1.926	1.926	1.926	1.926	1.926	1.926	1.915	1.902	1.897	1.879	-
+ Resultado não-operacional após Impostos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
= Fluxo de Caixa das Operações	-	4	8	10	16	5.686	7.698	10.717	10.717	10.717	10.717	10.713	10.709	10.707	10.701	-
- Variação Capital de Giro	-	-	-	-	-3.823	440	440	440	440	98	98	98	98	98	98	-
- Capex	-104	-136	-45	-182	-33.255	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
= Investimentos Líquidos	-104	-136	-45	-182	-37.078	440	440	440	440	98	98	98	98	98	98	-
Fluxo de Caixa Livre	-104	-133	-37	-172	-37.063	6.126	8.138	11.157	11.157	10.815	10.815	10.811	10.807	10.805	10.799	-
Fator de Desconto	9,00%	1,1380	1,0440	0,9578	0,8787	0,8062	0,7396	0,6785	0,6225	0,5711	0,5240	0,4807	0,4410	0,4046	0,3712	0,3405
Valor Presente do FCL	-118	-138	-36	-151	-29.879	4.531	5.522	6.945	6.372	5.667	5.199	4.768	4.372	4.011	3.678	-

Fonte: Beta S/A (2021)

Os fluxos de caixa, representados nas Figuras 9 e 10, apresentam uma análise financeira ao longo do período de projeção selecionado (de 2019 à 2033). Os anos são encontrados na primeira linha de cada imagem.

A análise financeira é, portanto, dividida em uma sequência lógica de exercício fiscal. As vendas líquidas mais o total de custos variáveis representam os lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização, ou em inglês, *Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization* (EBITDA). A depreciação é então desconsiderada momentaneamente para o cálculo do EBIT (lucros antes de juros e impostos) e, posteriormente, os valores de impostos são somados para cálculo dos lucros líquidos após impostos, ou em inglês, *Net Operating Profit After Taxes* (NOPAT).

Em seguida, o valor de depreciação retorna ao fluxo de caixa para ser considerado novamente como lucro líquido, sendo o desconto da depreciação apenas uma movimentação contábil no fluxo de caixa. Isso ocorre pois o valor de depreciação foi desconsiderado do lucro líquido para fins de desconto da alíquota de impostos incididos na empresa.

O capital de giro foi utilizado para que haja garantia de valores em caixa para a continuidade das atividades operacionais, ano após ano. Estes valores foram somados aos valores de investimento Capex (aquisições de máquinas e equipamentos, em geral) e são origem aos investimentos líquidos do fluxo de caixa.

Os resultados de indicadores financeiros obtidos a partir da aplicação de equacionamento adequado em Excel, em cada um dos cenários, são indicados na Tabela 14.

Tabela 14 – Resultado dos indicadores financeiros propostos para análise de retorno sobre investimento

Indicador Financeiro	Cenário 1	Cenário 2
VPL (mil Reais)	-8.270	20.741
TIR (%)	2,6	21,5
Payback Descontado (anos)	N/A	9,2
ROE* (%)	1,5	32,9

**Return on Evaluation*: conceito idêntico ao ROI para cálculo do retorno sobre investimento, mas aplicado ao fluxo de caixa robusto considerando valores de depreciação e impostos.

Fonte: Autoria própria (2021)

A partir dos resultados obtidos, foi percebido que o Cenário 1 indica um projeto inviável através da leitura e análise dos indicadores financeiros obtidos. Nesse caso, o VPL indica um valor negativo de - R\$ 8,27 milhões, mostrando uma desvalorização do investimento no momento presente. A métrica de Taxa Interna de Retorno indica um valor em porcentagem menor do que a TMA definida para esse projeto (9%), mostrando que o projeto não é rentável ao longo do tempo. Por questões matemáticas, o valor de *payback* descontado não pôde ser calculado, indicando um retorno sem estimativa por parte da companhia. Apesar de mostrar um valor positivo de ROE, este não se mostra mais relevante que os outros indicadores combinados. O resultado indica uma recuperação de R\$ 0,015 para cada real investido no projeto, não sendo uma rentabilidade interessante.

Apesar do projeto indicar um fluxo de caixa positivo após a implementação da nova unidade de produção do aditivo de base florestal, este não é suficiente para que haja um retorno sobre o investimento realizado em todo o projeto.

Já o Cenário 2 indica resultados atrativos no quesito viabilidade econômica do projeto. O VPL foi positivo (R\$ 20,7 milhões), indicando valorização do investimento no momento presente. A TIR indica uma porcentagem muito superior à TMA definida (21,5%).

Porém, pontos importantes cercam a análise de ROE e *payback* do projeto. O retorno sobre investimento obtido indica um ganho de 0,32 vezes sobre o valor investido ao longo de todo o desenvolvimento do projeto. Caso a régua mínima de aceitação fosse de 100% do retorno sobre investimento, o projeto já não atenderia às especificações da gerência da empresa. Além disso, caso o retorno seja esperado em um tempo curto, o projeto também não seria interessante para investimento, já que indica um *payback* de 9,2 anos.

Dessa forma entende-se que o projeto no Cenário 1, a partir das premissas e condições estabelecidas, não deve avançar. Alguns fatores que podem ser relacionados à inviabilidade são:

- Custo atual elevado de produção do compósito;
- Incoerência no valor de venda do material de base florestal;
- Seleção incorreta de mercado consumidor;

Já no Cenário 2, a definição de uma régua mínima de aceitação dos indicadores é essencial para termos comparativos e tomada de decisão. É importante reforçar ainda que, como citado anteriormente nesse mesmo trabalho, apesar de indicadores financeiros auxiliarem na tomada de decisão acerca de um investimento, outros quesitos devem ser analisados e ponderados, como por exemplo a estratégia da companhia.

Além disso, o Cenário 2 conta com o valor máximo mensurado para comercialização da Fibra de Vidro no mercado. A premissa de valor deve acompanhar premissas técnicas acerca das propriedades adquiridas no novo aditivo para substituição. Caso este não possua características iguais (ou superiores), a adoção da premissa torna-se impraticável e o produto não será aceito no mercado. Portanto, os resultados acerca da compatibilidade química, física e de desempenho mecânico entre o componente de mercado e a proposta de nova matéria-prima de origem florestal projeto são essenciais para viabilização do projeto.

Outro ponto importante seria a necessidade de refinamento na produção do compósito em sua forma pura, de modo a diminuir seus custos de produção para que o composto possa ser competitivo até mesmo com outras cargas, com menor valor agregado. Em resumo, caso as características esperadas do aditivo não sejam atingidas, o mercado de polipropileno não é suficiente para retornar o valor investido na construção de uma nova linha de produção para a empresa Beta S/A quando os números frios são analisados, tornando o projeto inviável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por tratar-se de um estudo recente, porém muito relevante, percebe-se um horizonte interessante de exploração acerca do assunto retorno sobre investimento na P&D. A atualização da metodologia é essencial para que outros parâmetros sejam englobados na análise.

Através da aplicação da metodologia proposta para cálculo de retorno sobre investimento na Pesquisa e Desenvolvimento, nota-se a extrema importância de informações confiáveis pelo alto número de premissas adotadas em diversos segmentos. Premissas consideradas de forma errônea refletem em resultados inconclusivos ou irreais para a aplicação prática de projetos. Ideias promissoras podem ser lesadas e abandonadas pela simples adoção de condições inverídicas e também, por outro lado, há chance de grandes prejuízos financeiros e de estratégia caso premissas infundadas sejam validadas sem uma análise aprofundada.

Outra consideração relevante refere-se ao conhecimento do mercado visado para desenvolvimento de uma nova tecnologia. A análise financeira torna-se insuficiente sem o conhecimento e embasamento técnico acerca daquele processo ou produto. Muitas premissas são adotadas com base nos resultados obtidos a partir de um desenvolvimento tecnológico. Isso ainda reforça a extrema importância do envolvimento de diferentes engenharias, sobretudo a química e florestal, para assertividade no cálculo de retorno nos setores de Papel e Celulose.

Além das projeções e premissas, reforça-se a importância do controle de custos dos desenvolvimentos já executados para a companhia. O histórico e ação prática auxiliam muito na adoção de condições, tornando a análise econômica de projetos mais segura.

A aplicação correta dos conceitos relacionados aos Níveis de Maturidade Tecnológica também faz com que haja uma melhor projeção de gastos a partir das fases que seguem pós desenvolvimento. Dessa forma, é importante que haja um entendimento claro acerca da divisão dos níveis de maturidade tecnológica, bem como as suas respectivas definições.

Na prática, a adoção de premissas para projetos mais iniciais torna-se muito mais difícil do que para projetos mais maduros e que já possuam validação prática, bem como volume de vendas estabelecido, por exemplo. Portanto, recomenda-se como próximos passos do trabalho, o desenvolvimento de uma metodologia particular de cálculo de retorno sobre investimento para cada um dos Níveis de Maturidade Tecnológica, justamente pelas suas particularidades e especificidades.

Uma das restrições do trabalho foi a aplicação da metodologia em um único estudo de caso. A adoção dos conceitos em uma amostragem maior de projetos faz com que uma percepção de retorno sobre uma linha de pesquisa ou área da companhia seja adquirida. Percebe-se que, em projetos de Pesquisa e Desenvolvimento, os resultados se interligam e geram novas oportunidades. Mensurar esses pontos de conexão auxilia na assimilação e verificação da estratégia a médio e longo prazo das companhias.

Além disso, a expansão da análise para projetos com naturezas distintas (no caso do setor de Papel e Celulose, a aplicação para projetos de longo prazo ou horizonte de tempo) é importante.

Recomenda-se, por fim, o acompanhamento de evolução dos níveis de maturidade dos projetos do portfólio da companhia, bem como o monitoramento dos valores inicialmente projetados para retorno sobre investimentos. Dessa forma, uma adequação de premissas à medida que a tecnologia em estudo avança de maturidade acontece, conferindo maior segurança e menores riscos sobre os investimentos no setor de P&D.

REFERÊNCIAS

ABGI. **TRL: Recursos financeiros por níveis de maturidade tecnológica.** Disponível em: <<https://brasil.abgi-group.com/radar-inovacao/artigos-estudos/trl-recursos-financeiros-por-niveis-de-maturidade-tecnologica/>>. Acesso em: 27 jun. 2021.

ABTCP (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL). **O setor de Celulose e Papel no Brasil.** 2021. Disponível em: <<https://www.abtcp.org.br/quem-somos/osetor/o-setor>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

ALMEIDA, A. T.; GUSMÃO, A. P. H.; DUARTE, M. D. O. **Modelo de Decisão Multicritério para Priorização de Projetos de P&D.** Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Maturidade e Desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. São Carlos, SP, Brasil. Out. 2010.

ANDRU, P.; BOTCHKAREV, A. **Return on Investment: A Placebo for the Chief Financial Officer... and Other Paradoxes.** Journal of MultiDisciplinary Evaluation, Vol. 7, N. 16, p. 201-206. ISSN 1556-8180. Jul. 2011.

BASTEN, D.; HAAMANN, T. **Approaches for Organizational Learning: A Literature Review.** SAGE Open – Literature Review. University of Cologne, Germany. Jul. - Set. 2018.

BERTO, A. M.; JUNIOR, C. M. D. **Investimentos em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e Potenciais Reflexos nos Custos de Produção.** Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). V Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção – Ponta Grossa, PR, Brasil. Dez. 2015.

BNDES. **A indústria de papel e celulose.** BNDES 60 anos: perspectivas setoriais. P. 334-381. ISBN: 9788587545442 (v. 1). Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Biblioteca Digital. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2012.

CAPDEVILLE, G.; ALVES, A. A.; BRASIL, B. S. A. F. **Modelo de Inovação e Negócios da Embrapa Agroenergia: Gestão Estratégica Integrada de P&D e TT.** 1ª Ed. ISSN 2177-4439. Embrapa Agroenergia. Brasília, DF, Brasil. Dez. 2017.

CARNEIRO, L. E. M. **Gerenciamento de Projetos em Pesquisa & Desenvolvimento e o Contexto Brasileiro.** Trabalho de Conclusão de Curso (MBA). Fundação Getúlio Vargas (FGV) – Programa FGV Management. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Mai. 2018.

CARRARA, A.; FERREIRA, G. A. **Dispêndio de P&D no Brasil: Uma Análise da sua Evolução e Impacto no Produto do País.** Universidade Federal de Rondonópolis. A Economia em Revista, v. 28, n. 2, p. 73-90. Mai. Ago. 2020.

CATAPAN, A.; CATAPAN, E. A.; CATAPAN, D. **Cálculo do custo de capital: uma abordagem teórica**. Economia & Tecnologia. Ano 06, Vol. 23. Out. Dez. 2010. Disponível em: <http://www.economiaetecnologia.ufpr.br/revista/23%20Capa/Anderson%20Catapan%20-%20Edilson%20Antonio%20Catapan%20-%20Dariane%20Catapan.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

CHRISTMANN, R. A. **Análise de Investimentos – Um Sistema de Apoio à Decisão**. Monografia (Bacharelado em Administração). Centro Universitário UNIVATES – Curso de Administração. Lajeado, RS, Brasil. Mai. 2009.

COSTA, M. L.; SOUZA, J. M.; OKAMATO, M. **Avaliação do Retorno sobre Investimento em Projetos de Implantação de Sistemas ERP**. Relatório Técnico. Engenharia de Dados e Conhecimento. Registro ES-657/4. Ago. 2004.

EARTO. **The TRL Scale as a Research & Innovation Policy Tool, EARTO Recommendations**. Abr. 2014. Disponível em: <https://pdf4pro.com/view/the-trl-scale-as-a-research-amp-innovation-policy-2d2fb5.html>. Acesso em: 17 jul. 2021.

EMBRAPA. **Manual sobre o Uso da Escala TRL/MRL**. SEG – Sistema Embrapa de Gestão. Secretaria de Pesquisa e Desenvolvimento (SPD). 2018.

FARAGO, F. E.; OLIVEIRA, D. M.; ROCHA, M. G. G. **Análise financeira das empresas brasileiras do segmento de papel e celulose, no período 2011 a 2015**. Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção – Ponta Grossa, PR, Brasil. Dez. 2016.

GITMAN, L. J. **Princípios da Administração Financeira**. Título Original: Principles of managerial finance. 12ª Ed. Publicada por Pearson Education em versão PT. ISBN 978-85-7605-332-3. São Paulo, 2010.

GRILICHES, Z. **Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth**. The Bell Journal of Economics, Vol. 10, N° 1 (Spring, 1979), p. 92-116.

GULBRANDSEN, K. E. **Bridging the valley of death: The rhetoric of technology transfer**. Dissertação (Doutorado). 10740. Iowa State University. Ames, Iowa. 2009

HALL, B. H. **The Financing of Research and Development**. OXFORD REVIEW OF ECONOMIC POLICY, VOL. 18, N° 1. University of California at Berkeley, National Bureau of Economic Research, and the Institute for Fiscal Studies. 2002.

HASSANZADEH, M.; BIGDELI, T. B. **Return on Investment (ROI) in Research and Development (R&D): Towards a framework**. 14th International Conference on Webometrics, Informetrics and Scientometrics & 19th COLLNET Meeting 2018. Technische Universität Ilmenau, Germany, 2019.

HERNÁNDEZ, H.; GRASSANO, N.; TÜBKE, A.; AMOROSO, S.; CSEFALVAY, Z.; GKOTSIS, P. **The 2019 EU Industrial R&D Investment Scoreboard**. EUR 30002 EM. Publications Office of the European Union, ISBN 978-92-76-11261-7, doi:10.2760/04570, JRC118983. Luxembourg, 2020.

HORA, A. B.; RIBEIRO, L. B. N. M.; MENDES, R. **Papel e Celulose**. Visão 2035: Brasil, país desenvolvido: agendas setoriais para o desenvolvimento. 1. ed. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), p. 119-142. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2018.

IBÁ (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES). **Dados Estatísticos: Os números comprovam a força do setor de árvores plantadas**. 2021. Disponível em: <<https://iba.org/dados-estatisticos>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

IBÁ (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES). **Relatório Anual (Annual Report)**. 2020. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2021

IBGE. **Pesquisa industrial de inovação tecnológica (Pintec)**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, Brasil. 2012-2014.

JUNIOR, D. B. L.; NASCIMENTO, M. F.; SANTOS, S. A. A.; ALBERTO, J. G. C.; LEITE, A. C. **Análise do Tempo de Recuperação do Capital Investido na Expansão de uma Empresa do Setor Matrimonial**. XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Joinville, SC, Brasil. Out. 2017.

JUNIOR, J. T. B. **Características do Gerenciamento de Projetos de P&D em Relação à Projetos Convencionais**. XIX SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Out. 2007.

KASSAI, J. R. **Conciliação entre a TIR e ROI: Uma Abordagem Matemática e Contábil do Retorno do Investimento**. Caderno de Estudos, São Paulo, FIECAFI, nº 14. Jul. Dez. 1996.

KOHL, A.; ZONATTO, V. C. S. **Importância e Impacto do Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para a Empresa Alfa S/A**. Monografia (MBA) - Faculdade Dom Alberto (FDA), 2010.

KOLK, M.; EAGAR, R. **How to manage your return on investment in innovation. Reaping the most from innovation investments**. Arthur D' Little - PRISM. p. 66-83. 2014.

KRAWIEC, F.; THORNTON, J.; EDESESS, M. **An Investigation of Learning and Experience Curves**. Solar Energy Research Institute. Prepared under task N°. 5227. SERI/TR-353-459. Abr. 1980.

LALIENĖ, R.; SAKALAS, A. **Development of R&D Effectiveness Assessment System in the Research Organizations**. Kaunas University of Technology, K. Donelaicio g. 73, LT-44029. 19th International Scientific Conference; Economics and Management 2014, ICEM 2014, 23-25. Kaunas, Lithuania. Abr. 2014.

MANKINS, J. C. **Technology Readiness Assessments: A retrospective**. Artemis Innovation Management Solutions LLC. Acta Astronautica 65, p. 1216-1223. Ashburn, VA, USA. Abr. 2009.

MANKINS, J. C. **Technology Readiness Levels**. A White Paper. Advanced Concepts Office. Office of Space Access and Technology – NASA. Abr. 1995.

MARTINS, A. **A Gestão de Custos e o Desenvolvimento Empresarial: Um Estudo de Caso na RGB Indústria Metalúrgica LTDA**. Dissertação (Mestrado). Fundação Getúlio Vargas (FGV). Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Mai. 2003.

NASA. **Technology Readiness Level**. National Aeronautics and Space Administration. Out. 2012. Disponível em: <https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/technology_readiness_level>. Acesso em: 12 jul. 2021.

NBS. **China Statistical Yearbook**. National Bureau of Statistics of China. Beijing, China. 2014.

NEGRI, J. A. **Investir em Inovação é Garantir o Futuro**. Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura (DISET) – IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). Radar 64, p. 27-30. Dez. 2020.

NETO, J. V. C. **Contabilidade Tributária I**. Dissertação (Bacharelado em Ciências Contábeis). Faculdade de Ciências Contábeis – Universidade Federal da Bahia. 160 p. Salvador, 2019. ISBN: 978-85-8292-214-9. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/553404/2/eBook_FCCC38_Contabilidade%20Tributaria%20I.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.

NSF. **Business R&D and Innovation Survey (BRDIS)**. NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. Alexandria. 2012-2014.

OSIRO, L.; NAZARENO, R. R.; TACHIBANA, W. K. **Utilização dos Custos Fixos para o Apoio à Tomada de Decisão**. Universidade de São Paulo (USP). 2001. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR30_0725.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

PADUAM, T. C. **Método para Retorno sobre Investimento Após a Implantação de Software**. 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Programa de Pós-Graduação em Informática. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Cornélio Procópio, 2015.

PADUAM, T. C.; FABRI, J. A.; L'ERARIO, A. **Modelo para Calcular o Retorno sobre Investimento após Implantação de Software**. Programa de Pós-Graduação em Informática – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Revista de Sistemas de Informação da FSMA, nº 15, p. 40-51. 2015.

PEDROSA, F. P.; PEDROSA, L. A.; NASCIMENTO, J. A. **Aplicação da Curva de Aprendizagem como Instrumento de Melhoria da Produtividade da Mão-de-Obra: Um Estudo de Caso**. XI Congresso Brasileiro de Custos – Porto Seguro, BA, Brasil. Out. 2004.

PEREIRA, M. S. A. **Gestão de Custos**. IOB Folhamatic – EBS. SAGE. p. 9-21. 2014. Disponível em: <<https://www.iob.com.br/newsletterimages/iobstore/sumarios/2014/jan/LIV21173.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2021.

PEREIRA, T. P. S.; SILVA, S. V.; CALDEIRA, L. G.; JUNIOR, P. S. P.; PIURCOSKY, F. P. **Análise de viabilidade: um estudo de caso sobre a implantação da produção de papel interfolha em uma distribuidora de produtos**. Seminário, 2017. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos17/14625143.pdf>>. Acesso em: 07. Jul. 2021.

PHILLIPS, J. **Como medir o Retorno sobre Investimento – Uma missão crítica para o gerente de projeto**. 2007. ROI Institute, p. 9. Disponível em: <http://www.mundopm.com.br/download/Artigo_ROI.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2021.

PMBOK. **Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos**. Guia PMBOK – PMI. Sexta Edição. ISBN: 978-1-62825-192-0. 2017.

PUCCINI, E. C. **Matemática Financeira e Análise de Investimentos**. Dissertação (Bacharelado em Administração Pública). Departamento de Ciências da Administração. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. ISBN: 978-85-7988-130-5. Brasília, 2011.

RIBEIRO, N. M. **Série Prospecção Tecnológica**. Coleção PROFNIT. Volume II. ISBN: 978-85-67562-38-4. Instituto Federal da Bahia e Fortec. Salvador, BA, Brasil. 2019.

ROULSTONE, B.; PHILLIPS, J. J. **ROI for Technology – Measuring & Delivering Value**. First Edition. ISBN: 978-0-7506-8588-7. USA, 2008.

SANFELICE, C. H.; ALBANEZ, W. **Análise de Viabilidade Financeira como Apoio nas Decisões Corporativas**. Faculdades Integradas de Ourinhos – FIO/FEMM. Anais, 2016. Disponível em: <http://www.cic.fio.edu.br/anaisCIC/anais2016/pdf/06_07.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.

SANTOS, S. F. **O Risco na Análise de Investimentos. Dissertação (Mestrado)**. Universidade Portucalense – Departamento de Ciências Econômicas e Empresariais. Porto, Portugal. Nov. 2012.

SARGENT, J. F. **Global Research and Development Expenditures: Fact Sheet**. CONGRESSIONAL RESEARCH SERVICE. CRS Report – Prepared for Members and Committees of Congress. Version 13. Abr. 2020.

SHIMADA, S. C. E. **Implementação de PMO: Melhoria no Gerenciamento de Projetos e de Portfólios**. Artigo de Conclusão de Curso. EE, UPM, São Paulo, SP, Brasil. 2021.

STRACHOSKI, P. **Análise de Viabilidade Econômica de um Projeto de Investimento em uma Indústria de Artefatos de Cimentos**. Dissertação (Bacharelado em Ciências Contábeis). Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Criciúma, SC, Brasil. Jul. 2011.

VELHO, S. R. K.; SIMONETTI, M. L.; SOUZA, C. R. P.; IKEGAMI, M. Y. **Nível de Maturidade Tecnológica: uma sistemática para ordenar tecnologias**. Parc. Estrat. V. 22, nº 45, p. 119-140. Brasília, DF, Brasil. Jul. a Dez. 2017.

WINGATE, L. M. **Project Management for Research and Development**. Guiding Innovation for Positive R&D Outcomes. CRC Press – Taylor & Francis Group. Boca Raton, Flórida. 2015.

ZEW. **Community Innovation Survey**. CENTRE FOR EUROPEAN ECONOMIC RESEARCH – CIS. Berlim. 2012-2014.