

UNIVERSIDADE TIRADENTES – UNIT  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS - PEP

**SIMULAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE EMPRESA DE  
PEQUENO PORTE PARA PRODUÇÃO DE LACASE A PARTIR DA  
VINHAÇA DE CANA DE AÇÚCAR**

Autor: Eliabe Vitória Nascimento

Orientadores: Profa. Manuela S. Leite Araújo, Dra.

Prof. Luiz Fernando Romanholo Ferreira, Dr.

ARACAJU, SE - BRASIL

FEVEREIRO DE 2019

SIMULAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE EMPRESA DE PEQUENO PORTE  
PARA PRODUÇÃO DE LACASE A PARTIR DA VINHAÇA DE CANA DE AÇÚCAR

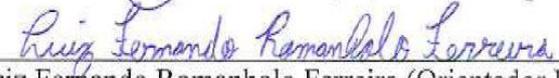
Eliabe Vitória Nascimento

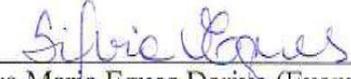
DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PROCESSOS DA UNIVERSIDADE TIRADENTES COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
ENGENHARIA DE PROCESSOS

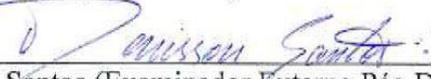
Aprovada por:

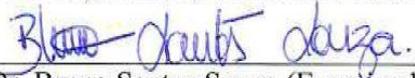
**BANCA EXAMINADORA:**

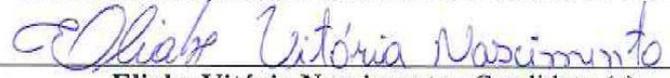
  
\_\_\_\_\_  
Dr.ª Manuela Souza Leite Araújo (Orientadora PEP/UNIT)

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Luiz Fernando Romanholo Ferreira (Orientador PEP/UNIT)

  
\_\_\_\_\_  
Dr.ª Silva-Maria Egues Dariva (Examinadora Interna PEP/UNIT)

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Denisson Santos (Examinador Externo Pós-Doc./ PETROGAL/ITP)

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Bruno Santos Souza (Examinador Externo PPGECA/UFS)

  
\_\_\_\_\_  
**Eliabe Vitória Nascimento** – Candidato (a)

ARACAJU, SE - BRASIL

FEVEREIRO DE 2019

## FICHA CATALOGRÁFICA

---

N244s Nascimento, Eliabe Vitoria  
Simulação de viabilidade econômica de empresa de pequeno porte para produção de lacase a partir da vinhaça de cana-de-açúcar / Eliabe Vitória Nascimento; orientação [de] Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Manuela S. Leite Araújo – Aracaju: UNIT, 2019.

71 f. il ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Universidade Tiradentes, 2019  
Inclui bibliografia.

1. Lacase 2. Pleurotus saja-caju. 3. Viabilidade econômica 4. Taxa interna de retorno 5. Valor presente líquido. 6. PayBack I. Nascimento, Eliabe Vitoria. II. Araújo, Manuela S. Leite. (orient.). III. Universidade Tiradentes. IV. Título.

---

CDU: 663.15

A minha esposa  
As minhas filhas

## *Agradecimentos*

A Deus por esta conquista.

À minha esposa, que com paciência suportou as dificuldades e privações ao meu lado.

Aos meus pais pelo incentivo e pela criação.

Aos meus orientadores, a Dr<sup>a</sup> Manuela Leite e o Dr Luiz Romanholo, pela ajuda e paciência.

Aos meus colegas que me ajudaram durante o curso.

Resumo da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos da Universidade Tiradentes como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos.

## SIMULAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE EMPRESA DE PEQUENO PORTE PARA PRODUÇÃO DE LACASE A PARTIR DA VINHAÇA DE CANA DE AÇÚCAR

Eliabe Vitória Nascimento

A análise de viabilidade econômica é amplamente utilizada para demonstrar a possíveis investidores se determinado investimento é rentável, principalmente quando o empreendimento alia a rentabilidade com outros fatores de grande relevância no cenário atual, como respeito ao meio ambiente, destinação adequada de resíduos de produção, etc. Neste sentido, sabendo-se que a vinhaça de cana-de-açúcar é o principal resíduo gerado a partir da produção de etanol, e sua destinação, na maioria dos casos, resulta em prejuízos ao meio ambiente, sugere-se a implementação de uma usina e beneficiamento deste resíduo para a respectiva adequação a padrões legais de descarte e, principalmente, para produzir produtos com alto valor agregado, sobretudo para a biotecnologia industrial. Utilizando-se o fungo *Pleurotus sajor-caju* (CCIBt 020) juntamente com a vinhaça residual é possível se produzir a Lacase (EC 1.10.3.2). Estudos apresentam vantagens na produção de enzimas a partir da vinhaça de cana-de-açúcar, relacionando volumes de produção e respectivos custos, todavia, até o presente momento não foi realizada uma análise de viabilidade econômica que apresente indicadores econômicos que motivem a implementação de um sistema produtivo para o beneficiamento deste resíduo. Neste trabalho foram apresentados resultados promissores acerca da viabilidade econômica deste empreendimento analisados a taxa interna de retorno, o valor presente líquido e o *payback* de uma unidade de beneficiamento da vinhaça para obtenção da Enzima Lacase, onde foi possível verificar retornos de mais de 100% sobre o valor investido para os próximos 5 anos.

Palavras-chave: Lacase; *Pleurotus sajor-caju*; Viabilidade Econômica; Taxa Interna de Retorno; Valor Presente Líquido; *PayBack*

Abstract of Dissertation presented to the Process Engineering Graduate Program of Universidade Tiradentes as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

## **SIMULATION OF THE ECONOMIC VIABILITY OF A SMALL COMPANY TO PRODUCE LACCASE FROM SUGAR CANE VINASSE**

Eliabe Vitória Nascimento

The economic feasibility analysis is widely used to demonstrate to potential investors if a given investment is profitable, especially when the enterprise combines profitability with other factors of great relevance in the current scenario, such as respect for the environment, adequate disposal of production waste, etc. . In this sense, since sugar cane vinasse is the main waste generated from the production of ethanol, and its destination, in most cases, results in damages to the environment, it is suggested to implement a plant and processing of this waste for its adaptation to legal disposal standards and, mainly, to produce products with high added value, especially for industrial biotechnology. Using the *Pleurotus sajor-caju* fungus (CCIBt 020) together with the residual vinasse it is possible to produce Lacase (EC 1.10.3.2). Studies have advantages in the production of enzymes from the sugar cane vinasse, relating production volumes and respective costs, however, until the present moment an economic feasibility analysis has not been carried out that presents economic indicators that motivate the implementation of a production system for the processing of this waste. In this work, promising results on the economic viability of this project were analyzed, including the internal rate of return, the net present value and the payback of a vinasse beneficiation unit to obtain Enzyme Lacase, where it was possible to verify returns of more than 100% on the amount invested for the next 5 years.

Keywords: Laccase; *Pleurotus sajor-caju*; Economic viability; Internal Rate of Return; Net present value; PayBack

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1Objetivo Geral .....	14
1.2Objetivos Específicos .....	15
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1Produção de Cana-de-Açúcar no Brasil.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2Resíduos Gerados no Beneficiamento da Cana-de-Açúcar .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3Vinhaça.....</b>	<b>18</b>
<b>2.4Lacase (benzenediol: oxigênio oxidoreduases, EC 1.10.3.2) .....</b>	<b>20</b>
<b>2.5Análise de Viabilidade Econômica .....</b>	<b>23</b>
2.5.1 <i>Receitas</i> .....	23
2.5.2 <i>Custos Operacionais</i> .....	24
2.5.3 <i>Depreciação</i> .....	24
2.5.4 <i>Ponto de Equilíbrio Financeiro e Preço de Equilíbrio Financeiro</i> .....	24
2.5.5 <i>Fluxo de caixa</i> .....	25
2.5.6 <i>Valor Presente Líquido (VPL)</i> .....	25
2.5.7 <i>Taxa Interna de Retorno (TIR) e Taxa Mínima de Atratividade (TMA)</i> .....	26
2.5.8 <i>PayBack e PayBack Descontado</i> .....	27
2.5.9 <i>Capital de Giro</i> .....	27
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1Processo Produtivo da Lacase .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2Determinação da Receita Bruta (RB).....</b>	<b>30</b>
<b>3.3Custos Operacionais.....</b>	<b>30</b>
<b>3.4Determinação do Ponto de Equilíbrio .....</b>	<b>31</b>
<b>3.5Determinação do Capital de Giro.....</b>	<b>31</b>
<b>3.6Determinação dos custos de Investimento .....</b>	<b>31</b>
<b>3.7Construção do Fluxo de Caixa e Determinação dos Indicadores Econômicos .....</b>	<b>32</b>
<b>3.8Análise comparativa entre estudo de caso e outros trabalhos disponíveis na literatura ..</b>	<b>33</b>
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1Determinação da Capacidade Produtiva .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2Receita Estimada .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3Custo Total.....</b>	<b>36</b>
4.1.1 <i>Custos Fixos e de Investimento Inicial ( pq aghora ta em negrito o titulo 3??)</i> .....	37
4.1.2 <i>Custos Variáveis</i> .....	43
4.1.3 <i>Determinação do Custo Total</i> .....	45

<b>4.4</b> Ponto de Equilíbrio.....	45
<b>4.5</b> Determinação do Capital de Giro e do Investimento Inicial .....	47
<b>4.6</b> Fluxo de Caixa Para 3 Reatores Air-Lift .....	48
<b>4.7</b> Fluxo de Caixa Para 4 Reatores Air-Lift .....	51
<b>4.8</b> Considerações Finais da Análise de Viabilidade .....	52
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>56</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>65</b>
<b>Apêndice I– Fluxo de Caixa a 50% da Capacidade Produtiva para 3 Reatores .....</b>	<b>66</b>
<b>Apêndice II– Fluxo de Caixa a 60% da Capacidade Produtiva para 3 Reatores.....</b>	<b>66</b>
<b>Apêndice III– Fluxo de Caixa a 80% da Capacidade Produtiva para 3 Reatores .....</b>	<b>67</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de açúcar, etanol, bioeletricidade e resíduos .....	17
Figura 2 - Reatores <i>Air-lift</i> (adaptados) (A) Schmidell, 2001; (B) Camarasa et al., 2001.....	22
Figura 3 - Ponto de Equilíbrio: os custos e receitas representados em função do volume produzido/vendido.....	25
Figura 4 - Fluxograma Metodológico.....	28
Figura 5 – Esquema de Produção Proposto da Lacase.....	29
Figura 6 - Custos Mão de Obra e Encargos Considerando Sócio Investidor (com <i>pró-labore</i> ).....	39
Figura 7 - Custos com Mão de Obra e Encargos Considerando Empresa com Beneficiamento (sem <i>pró-labore</i> ).....	39
Figura 8 - Gráfico dos Custos de Investimento .....	41
Figura 9 - Estratificação dos serviços serceirizados .....	43
Figura 10 – Ponto de Equilíbrio Financeiro com 100% da Capacidade Produtiva .....	46
Figura 11 - Gráfico do Ponto de Equilíbrio com 60% da Capacidade Produtiva .....	47
Figura 12 - Fluxo de Caixa Acumulado para 3 Reatores .....	49
Figura 13 - Fluxo de Caixa Acumulado Para 4 Reatores .....	52
Figura 14 - Comparação entre Fluxos de Caixa Acumulados – Estudo de Caso, Osma et al(2011) e Pezzella et al (2017).....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Maiores Produtores de Cana-de-Açúcar.....	16
Apêndice I– Fluxo de Caixa a 50% da Capacidade Produtiva para 3 Reatores.....	68
Apêndice II– Fluxo de Caixa a 50% da Capacidade Produtiva para 3 Reatores.....	68
Apêndice III– Fluxo de Caixa a 50% da Capacidade Produtiva para 3 Reatores.....	69

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACES

CF: Custo Fixo

CO: Custo Operacional

CV: Custo Variável

D: Depreciao

DBO: Demanda Biolgica de Oxignio

DQO: Demanda Qumica de Oxignio

n: Perodo

p: Volume Produzido (?L)

PE: Ponto de Equilbrio

RB: Receita Bruta

TIR: Taxa Interna de Retorno

TMA: Taxa Mnima de Atratividade

VPL: Valor Presente Lquido

x: Custo Unitário

g: Gramas

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Slack *et al.* (2014), um processo produtivo é compreendido como um sistema que converte insumos (matérias-primas, informações, consumidores, e etc.) por meio de um processamento em produtos ou serviços úteis a um cliente externo ou interno. Com o avanço das técnicas de produção e o crescimento populacional, cada vez mais recursos naturais são utilizados e, proporcionalmente, os resíduos gerados pela atividade industrial e impactos industriais acompanham esses avanços.

Sabe-se que a produção industrial é indispensável para a sobrevivência humana, e que os resíduos gerados por essas atividades devem ser minimizados ou eliminados. Este raciocínio conduz ao desenvolvimento de diversas técnicas de beneficiamento de matérias primas a fim de que as necessidades humanas sejam atendidas em todos os aspectos e de forma racional, gerando o menor impacto ambiental. Uma demonstração do esforço no desenvolvimento destas técnicas no Brasil, segundo o INPI (2017), é exemplificado pelo número de patentes classificadas como desenhos industriais, que atingiu 6.027 pedidos em 2017, demonstrando um crescimento de 13,2% no período de 2007 a 2016.

Sendo o Brasil o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, é natural que, por consequência, também seja o país que gera o maior volume de resíduos provenientes da produção e beneficiamento desta cultura. Um exemplo disto é a geração de cerca de 9 a 14 litros de vinhaça ou vinhoto para cada litro de etanol produzido a partir da cana-de-açúcar (FERREIRA *et al.* 2011; FERREIRA *et al.* 2013; BELHADJ, 2013; VILAR *et al.*, 2018), o que representou, somente para a safra de 2015/16, um volume de aproximadamente 300 bilhões de litros (CALEGARI, 2017). Grande parte da vinhaça gerada é destinada à fertilização do solo nas lavouras da cana-de-açúcar, todavia, é sabido que existem diversos impactos ambientais associados a esta prática, como contaminação do solo e de corpos aquáticos, intensificados pela ocorrência de chuvas (BARROS, 2017).

Mesmo constatando-se diversos trabalhos que utilizam a vinhaça como insumo para a obtenção de produtos com valor econômico representativo (SILVA<sup>B</sup> *et al.* 2013; APARÍCIO *et al.*, 2017), bem como trabalhos relacionados ao tratamento da vinhaça para adequação desta ao descarte (SYDNEY *et al.*, 2018), não foi encontrado nenhum trabalho, até o presente momento, que apresente uma aplicação real em larga escala para uso deste resíduo para fins de produção

de bens de consumo. Sabe-se que são necessários grandes investimentos para a implementação de qualquer processo produtivo com significativos volumes de produção (CHAZARRA *et al.*, 2018). O que se percebe é que, mesmo com o grande avanço nas pesquisas não estão sendo apresentadas motivações financeiras à implementação de processos produtivos para o beneficiamento deste resíduo (PEZZELLA *et al.*, 2017). Em outras palavras, A motivação de um investidor é o lucro associado a um dado investimento. O estudo de viabilidade econômica visa apresentar, baseado em fundamentos matemáticos, o retorno financeiro que um dado investimento trará ao longo dos anos. Por meio de indicadores econômicos é possível a constatação acerca da aceitação ou não de um dado empreendimento (CHAZARRA *et al.*, 2018; LEE *et al.*, 2018).

Na literatura foram encontrados alguns trabalhos (OSMA *et al.*, 2011; PEZZELLA *et al.*, 2017) que apresentam esforços para a determinação da viabilidade econômica para a produção em larga escala da enzima Lacase (EC 1.10.3.2). Todavia, esses se direcionaram apenas para comparação dos custos de fabricação em laboratório com os preços de venda encontrados no mercado, sem a devida consideração dos custos relacionados ao dia-a-dia de uma empresa, como os tributos, processos gerenciais e de apoio à produção, custos com recursos humanos, e outros. Também não foi apresentada nenhuma análise acerca do retorno sobre o capital investido, parâmetro este muito importante quando se deseja atrair investidores que acreditem no efetivo retorno econômico-financeiro sobre a pesquisa.

Assim, este trabalho visa avaliar a viabilidade econômica, por meio dos indicadores tais como Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e *PayBack* visando implementar uma planta de beneficiamento da vinhaça gerada a partir da produção do etanol; para a produção da enzima Lacase utilizando reatores *air lift*; e, para a adequação da vinhaça às condições ambientais para o descarte. Também espera-se obter uma metodologia de fácil aplicação de forma que outros estudos nas mais diversas áreas possam ser avaliados por meio dos indicadores econômicos para a implementação do processo em questão, auxiliando os profissionais pesquisadores na elaboração e apresentação de seus projetos de pesquisa, e ainda demonstrando o retorno econômico a possíveis investidores.

## 1.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade econômica de uma usina de tratamento da vinhaça, resíduo gerado pelo beneficiamento da cana-de-açúcar, para produção de enzima Lacase em reatores *air lift*, a partir dos indicadores econômicos TIR, VPL e *PayBack*.

## 1.2 Objetivos Específicos

- Utilizar um processo produtivo de Lacase como estudo de caso para estudo de viabilidade econômica;
- Estimar custos fixos e variáveis para o processo produtivo;
- Estimar receitas a partir dos produtos finais;
- Definir o fluxo de caixa esperado para o empreendimento;
- Aplicar os indicadores econômicos Taxa interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e *PayBack* (ou ponto de retorno do capital) para determinar a viabilidade do empreendimento considerando 3 cenários de produção – 50, 65 e 80% da capacidade produtiva;
- Analisar a viabilidade econômica aplicada ao beneficiamento da vinhaça da cana-de-açúcar para obtenção da enzima Lacase;

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Produção de Cana-de-Açúcar no Brasil

Estima-se que as primeiras mudas de cana-de-açúcar foram trazidas pelos portugueses ao Brasil no século XIV, e no século XVII o Brasil tornou-se a o maior produtor de açúcar do mundo. No século XIX o café tomou a dianteira no cenário agrícola brasileiro, mas até o ano de 2005 a cana-de-açúcar se manteve entre os 4 principais produtos agroindustriais do Brasil. Com o advento dos altos preços do petróleo surgiu a indústria brasileira de álcool que nos últimos anos apresentou um aumento de produção de 30 vezes, com rendimento de 60% a mais por hectare e uma redução de 75% nos custos de produção (NASS *et al.* 2007).

Atualmente o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, e na safra de 2016/2017 foi responsável por produzir cerca de 49,5% da produção mundial, com aproximadamente 739.000 mil toneladas. Já a Índia e a China produziram, respectivamente, 341.200 e 125.500 mil toneladas. Como pode ser visto na Tabela 1, o Brasil supera os outros seis maiores produtores juntos. A Tabela 1 demonstra um panorama dos 10 principais produtores de cana-de-açúcar do mundo, onde pode ser percebido que a produção brasileira superou a soma da produção dos outros 6 primeiros colocados (SHETH, 2017; OMETO *et al.*, 2009; SILVA<sup>A</sup> *et al.*, 2013; SHETL, 2017; CONAB, 2018).

Tabela 1- Maiores Produtores de Cana-de-Açúcar (2017)

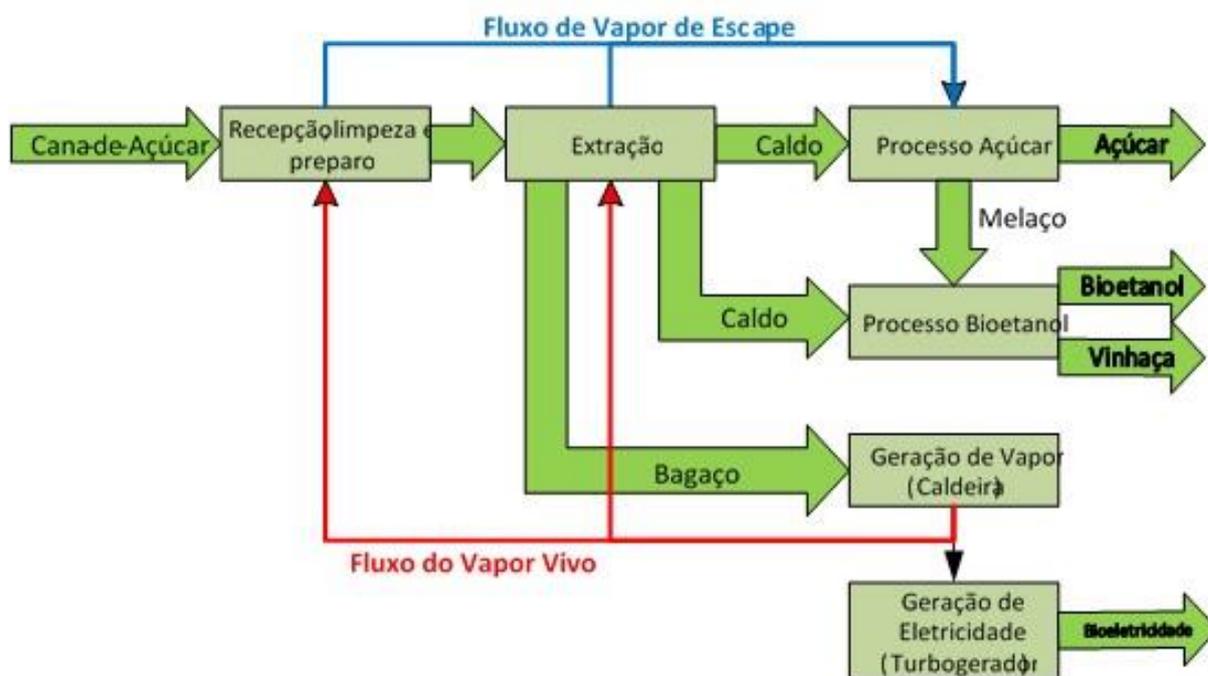
<i>País</i>	<i>Produção (Milhões de Toneladas)</i>	<i>%</i>
<i>Brasil</i>	739.300	47,41%
<i>Índia</i>	341.200	21,88%
<i>China</i>	125.500	8,05%
<i>Tailândia</i>	100.100	6,42%
<i>Paquistão</i>	63.800	4,09%
<i>México</i>	61.200	3,92%
<i>Colômbia</i>	34.900	2,24%
<i>Indonésia</i>	33.700	2,16%
<i>Fillipinas</i>	31.900	2,05%
<i>EUA</i>	27.900	1,79%
<i>Total</i>	1.559.500	

Fonte: Adaptado de Sheth, 2017

Em 2003 registrou-se uma significativa expansão na produção de cana-de-açúcar no Brasil devido aos incentivos gerados pela demanda de etanol utilizados em modelos de veículos automotores *flex fuel* (RUDORFF *et al.* 2010). Em 2007 também foi verificado um significativo aumento na demanda por combustíveis de fontes renováveis. Isso resultou na duplicação na demanda mundial de etanol e quadruplicou a demanda de biodiesel, gerando ainda cerca de um milhão de empregos na indústria de energias renováveis. Todavia, os resíduos gerados a partir de seu beneficiamento representam um grande problema ambiental (CALDWELL, 2007).

## 2.2 Resíduos Gerados no Beneficiamento da Cana-de-Açúcar

Como praticamente todo processo produtivo, o beneficiamento da cana-de-açúcar representa um grande risco ambiental, dado o volume de resíduos com significativo poder de contaminação. Como demonstrado na Figura 1, o processo produtivo tem início com a recepção, limpeza e preparo dos caules da cana-de-açúcar, seguindo para a etapa de extração, onde é realizado o processo de moagem do caule, separando o caldo que é destinado à produção de etanol e açúcar, do bagaço de cana, resíduo com produção estimada de 700 mil toneladas por ano ao redor do mundo. O bagaço é composto por estrutura fibrosa de celulose, hemicelulose e lignina (RAVINDRANATH *et al.*, 2006).



**Figura 1** - Produção de açúcar, etanol, bioeletricidade e resíduos

Fonte: Adaptado de Gurgel, 2012

Uma parte deste bagaço é reutilizado na cadeia de produção e beneficiamento da cana como combustível na produção de vapor nas próprias usinas industriais e como fertilizante nas plantações (SATYANARAYANA *et al.* 2007; GURGEL, 2012; MONTEIRO *et al.*, 2016). Todavia, uma parte significativa desse bagaço é descartada em pilhas ao ar livre, gerando riscos ao meio ambiente ou são incinerados para a geração de eletricidade, emitindo grandes volumes de CO<sub>2</sub> para a atmosfera como resíduo final e contribuindo para o aquecimento global. Por ser rico em celulose, recentemente alguns estudos estão sendo visando a utilização do bagaço para a produção de etanol de segunda geração (MONTEIRO, 2011).

Com a queima do bagaço são geradas aproximadamente 2,5 milhões de toneladas de cinzas por ano representando mais um risco ambiental, sobretudo pelo notório crescimento na produção mundial, o que motivou Faria *et al.* (2012) a propor uma solução para este problema com a utilização destas cinzas na produção de blocos cerâmicos.

Seguindo o fluxo produtivo, após a etapa de extração, o caldo segue para as etapas de produção de açúcar ou etanol. Durante o beneficiamento destes produtos são gerados outros subprodutos com considerável valor agregado, como: bioquímicos, plásticos e ração animal, que são considerados uma fonte de renda adicional indispensável para a usinas. Por fim, outro resíduo gerado, com alto poder poluente e que representa um significativo problema ambiental é a vinhaça ou vinhoto, e este trabalho visa direcionar este resíduo a um processo de beneficiamento para a obtenção de produtos de alto valor agregado, apresentando uma alternativa para este risco ambiental (CALDWELL, 2007; GURGEL, 2012).

### **2.3 Vinhaça**

A vinhaça constitui o principal resíduo proveniente da produção de etanol com volume entre 9 e 14 litros para cada litro de álcool (APARÍCIO *et al.* 2017). Ela é composta por uma mistura de água, compostos orgânicos e inorgânicos (BELHADJ, 2013), caracterizada pelo alto poder poluente com pH variando entre 3,5 e 5,0, com Demanda Química de Oxigênio (DQO) entre 50 e 150 g L<sup>-1</sup>, Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) variando entre 30 e 70% da DQO e uma temperatura próxima dos 90° C (ELIA *et al.* 2009).

A grande concentração de sólidos totais e metais vestigiais também caracterizam o potencial poluidor da vinhaça (ESPAÑA-GAMBOA *et al.*, 2012). O tratamento deste resíduo representa um custo significativo às indústrias e gera uma série de produtos com valor agregado que podem ser vinculados às receitas da empresa (SILVA<sup>A</sup> *et al.*, 2013).

A vinhaça também possui uma coloração castanho-escura, o que pode estar associado à presença de compostos tóxicos e compostos de alto peso molecular como a melanoidina

(RODRÍGUEZ *et al.* 2003). Em todo caso, ao se tratar um resíduo que apresente cor, deve-se buscar a redução ou eliminação da coloração (o que motiva diversos estudos orientados a este tema) reduzindo o impacto ambiental associado ao descarte destes resíduos (; SILVA<sup>A</sup> *et al.*, 2013; VILAR *et al.*, 2018).

Existem relatos de descarte deste resíduo, sem qualquer tratamento, em aterros sanitários, o que corrobora com a contaminação de lençõs freáticos. Já quando é armazenado em depósitos, possibilita a contaminação de águas superficiais (rios, córregos ou lagos), sobretudo em dias chuvosos (BELHADJ, 2013). Quando a vinhaça é descartada em aterros produz odores desagradáveis, provenientes do processo de decomposição do material orgânico. Neste sentido, entende-se que a vinhaça representa o principal agente poluidor do processo de produção do etanol, agredindo o solo e as águas quando gerenciado de forma inadequada (ROBLEZ-GONZÁLES *et al.* 2012; BARROS, 2017)

Por ter um alto potencial poluidor, diversos estudos e tecnologias estão sendo desenvolvidas para o tratamento da vinhaça, buscando mitigar o impacto ambiental (ROBLEZ-GONZÁLES *et al.* 2012; BARROS *et al.*, 2017; VILAR *et al.*, 2018), sobretudo com a utilização desta como insumo na obtenção de produtos microbianos para aplicação biotecnológica, o que promete a redução dos custos de produção do etanol (dado o acréscimo de outra fonte de renda à empresa), reduziria o volume deste efluente e ainda possibilitaria a obtenção de subprodutos com alto valor agregado (FERREIRA *et al.* 2011; APARÍCIO *et al.* 2017; VILAR *et al.*, 2018).

Alguns dos produtos obtidos a partir da vinhaça são: bioemulsificadores, produtos microbianos como biopolímeros, biocombustíveis e enzimas. Em alguns casos, a própria biomassa microbiana, proveniente do processo de fermentação, também se configura como um produto desejável, que dentre outras aplicações, pode ser utilizado na descontaminação de solos (COLIN *et al.* 2016; BRATTACHARYYA *et al.* 2012; TAPIA-TUSSELL *et al.* 2015; DURÃO *et al.* 2013; MROZIK e PJOTROWSKA-SEGET, 2010).

Tomando como base a produção de 27,1 bilhões de litros de etanol produzidos no Brasil em 2018 (CONAB, 2018) pode ser feita uma estimativa do volume de vinhaça produzido. Nota-se certa divergência entre os autores quanto ao volume de vinhaça gerado a cada litro de etanol, onde são apresentados volumes entre 8 e 18 L (FERREIRA *et al.* 2011), 8 a 15 L (ROBLEZ-GONZÁLES *et al.* 2012), 9 a 14L (APARÍCIO *et al.* 2017). Deste modo, foram produzidos entre 173, 6 e 487,8 bilhões de litros de vinhaça em 2018 no Brasil.

Este trabalho apresenta uma análise acerca da produção de Lacase utilizando a vinhaça gerada pelo processo produtivo, mitigando o impacto ambiental gerado por este resíduo e gerando uma nova fonte de renda às empresas beneficiadoras da cana-de-açúcar.

#### **2.4 Lacase (benzenediol: oxigênio oxidoreduções, EC 1.10.3.2)**

Desde o final do século XIX a Lacase vem sendo estudada. Ela é uma enzima do tipo polifenol oxidase que contém cobre e foi descoberta em árvores de verniz japonesas e posteriormente foi apresentada como uma enzima fúngica, também sendo encontrada em plantas, procariontes e insetos (THURSTON, 1994; GALHAUP *et al.* 2001).

A Lacase possui quatro íons de cobre por molécula e catalisam a oxidação de uma ampla variedade de substratos orgânicos e inorgânicos (MAINARDI *et al.* 2018). A principal diferença entre as Lacases e as peroxidases é o fato de que a primeira utiliza oxigênio molecular, e a segunda utiliza o peróxido de hidrogênio como aceptor de elétrons (MIR-TUTUSAUS *et al.*, 2018).

A biotecnologia industrial e ambiental possuem grande interesse nesta enzima devido à ampla especificidade de substratos, ou seja, podem oxidar compostos relacionados com fenólicos e não-fenólicos, bem como poluentes ambientais altamente resistentes a tratamentos, o que demonstra a grande variedade de aplicações da Lacase em detrimento a outras enzimas (OSMA *et al.* 2006; OSMA *et al.* 2011).

Ao realizarem a digestão de materiais orgânicos, algumas espécies de fungos secretam enzimas degradadoras da molécula de lignina, dentre estas: a Lacase, lignina peroxidase (LiP), peroxidase de manganês (MnP) e peroxidase versátil (VP) (MIR-TUTUSAUS *et al.*, 2018). Os fungos geradores de lacase são conhecidos como de podridão branca, e o *Trametes pubescens* tem sido considerado um dos principais produtores desta enzima (GALHAUP *et al.*, 2001).

Segundo Rodríguez *et al.* (1999), a utilização de fungos de podridão branca para descoloração de efluentes e produção de enzimas passou a ser apresentada como uma alternativa aos métodos então convencionais. Ferreira *et al.* (2010) utilizaram *Phanaerochaete chrysosporium*, *Pleurotus sajor-caju* CCIBt 020, *Pleurotus sp.* CCB 068, *Pleurotus shimeji*, *Trichoderma reesei*, *Ganoderma sp.* e *Mucor pusilus*, *Aspergillus niger* para verificar a descoloração da vinhaça e produção de enzimas. O fungo *P. sajor-caju* foi apontado por estes autores como um excelente candidato para este processo pois, por ser um fungo comestível, além da descoloração e produção de Lacase, a biomassa produzida pode ser utilizada para ração animal (Sartori *et al.*, 2014), gerando mais um produto com valor agregado (FERREIRA *et al.*, 2011).

A Lacase também é utilizada como catalizador (WANG *et al.*, 2017), na otimização na produção de células de combustível à base de metanol/O<sub>2</sub> (NETO *et al.*, 2015), na remoção de poluentes em efluentes industriais (OLSHANSKYA *et al.*, 2018; MOREIRA *et al.*, 2014; FERREIRA *et al.*, 2011), dentre outras aplicações.

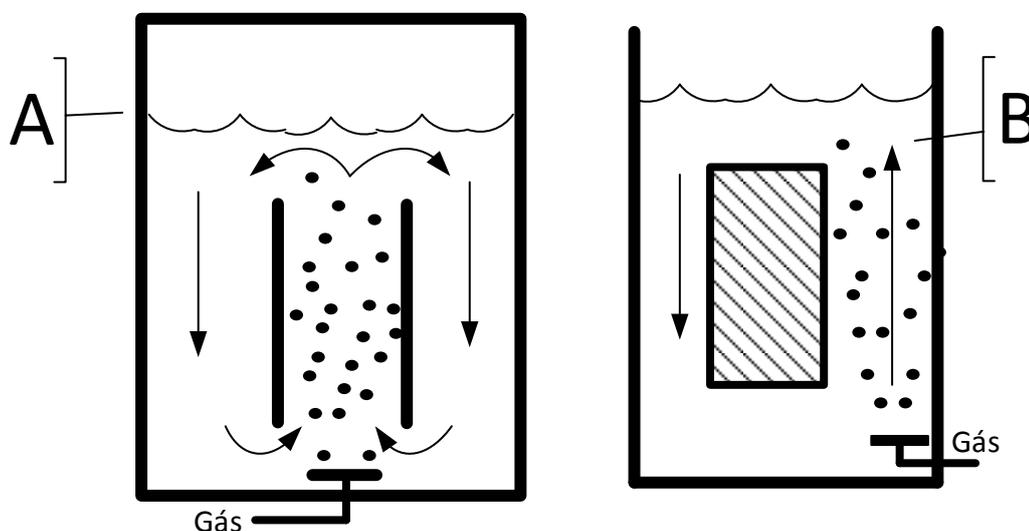
O sucesso para a utilização de enzimas em escala industrial está diretamente ligado a altas produções com baixos custos (MAINARDI *et al.* 2018). Diversos estudos sobre estratégias para melhorar a produção de enzimas Lacase vem sendo feitos, tais como: isolamento de novas linhagens fúngicas, expressão heteróloga de genes de Lacase, otimização de condições de crescimento e uso de indutores e estimuladores. No entanto, os rendimentos apresentados ainda não são condizentes com uma aplicação industrial, o que tem motivado estudos para ampliação da capacidade de produção desta enzima, sobretudo aqueles envolvendo substratos baratos como efluentes residuais da indústria de alimentos (OSMA *et al.* 2011).

A Lacase pode ser produzida em biorreatores, que são reatores químicos onde ocorrem reações químicas catalisadas por biocatalisadores (enzimas ou células vivas), e se dividem em dois grupos: Grupo 1, que são os biorreatores onde reações ocorrem sem células vivas, também chamados de reatores enzimáticos; Grupo 2, onde as reações ocorrem na presença de células vivas (animais ou vegetais). O Grupo 2 é o mais difundido e que vem sendo utilizado nas indústrias para produção de antibióticos, ácidos orgânicos, solventes, tratamento de resíduos e produção de enzimas. Como as células vivas apresentam elevada sensibilidade ao cisalhamento, em muitos casos utiliza-se um reator com membranas ou um reator “*air-lift*”, pois estes não são agitados mecanicamente, ou seja, possuem tensões de cisalhamento menores (SCHMIDELL, 2001).

A disponibilidade de ar em um processo fermentativo é um fator muito significativo para a formação de massa celular viável, bem como a agitação possibilita uma maior interação entre os compostos em um biorreator. No caso dos biorreatores do modelo *air lift* (Figura 2) é possível realizar o processo com elevada transferência de oxigênio, o que ocorre devido à inserção de ar de modo direcionado. Este equipamento é facilmente construído com baixo custo de investimento e manutenção, o que o torna um excelente candidato para usos industriais (MULLER *et al.*, 2007).

No biorreator representado na Figura 2 (A), o ar é injetado em um tubo no centro do reator, e ao ascender, movimenta o fluido de dentro do tubo interno para cima, forçando o fluido externo a descer pelas laterais e reiniciar o movimento entrando no tubo interno. No segundo biorreator, constituído de duas regiões interligadas pelas partes superior e inferior, o ar na parte

inferior da região maior, forçando o fluido a passar pela abertura superior forçando o fluido da região menor a escoar pela abertura inferior e reiniciar o ciclo na região maior.



**Figura 2** - Reatores *Air-lift* (adaptados) (A) Schmidell, 2001; (B) Camarasa et al., 2001

Para se abordar a produção de lacase em nível industrial, faz-se necessário uma análise sobre os custos de produção, o que alguns dos artigos que tratam sobre a otimização da produção da enzima não abordam (OSMA *et al.*, 2011), mesmo enfatizando o termo “baixo custo de produção” (PEZZELA *et al.* 2017).

Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos ao longo do tempo objetivando a definição dos custos de produção, como é apresentado por OSMA *et al.* (2011), que reúne uma série de estudos acerca dos custos por unidade de Lacase produzida utilizando o fungo *Trametes pubescens* MB 89 (CBS 696.94) cultivado em condições de fermentação submersa (SmF) e fermentação sólidos sólidos (SSF), em frascos erlenmeyer, em diferentes condições, como descrito pelo autor.

Os custos obtidos variam de 0,04 Euros (reator em escala SSF, com adição de  $\text{Cu}^{2+}$  e ácido tânico adicionado ao terceiro dia, produzindo cerca de 3.290,8 unidades de Lacase) a 812,62 Euros. Utilizando os 20 métodos com menor custo apresentados no referido trabalho, observa-se que o custo médio para a unidade de Lacase é de aproximadamente 0,19 Euros (Anexo A).

Um estudo muito significativo foi desenvolvido por Pezzella *et al* (2017), que utilizaram plasmídeos recombinantes (pJGG-POXA1b) linearizados e transformados em *P. pastoris* BG10 por eletroporação ou aplicação de pulsos elétricos curtos e de alta voltagem que modificam a

bicamada lipídica, para garantir uma maior produtividade da Lacase, chegando a um custo significativamente expressivo de 0,34 Euros  $\text{kU}^{-1}$ , bem como uma produção de 60U/mL, representada pelo autor como a maior produção desta enzima obtida até o momento, o que viabiliza uma produção em larga escala. Apesar deste trabalho sugerir a análise da viabilidade, foi comparado apenas o custo de aquisição de produtos disponíveis no mercado com os custos de produção verificados no próprio estudo, sem a aplicação de indicadores financeiros para determinar o retorno do investimento.

Os trabalhos de Osma *et al.*, 2011 e Pezzella *et al.* 2017, representam um grande passo para a análise de viabilidade na produção da Lacase em escala industrial. Todavia, ainda não foram apresentados indicadores de viabilidade econômica que demonstrem o retorno do capital investido para a produção desta enzima.

## 2.5 Análise de Viabilidade Econômica

Antes de um investidor aplicar recursos em um projeto, empreendimento, lançamento de um novo produto, abertura e/ou fechamento de uma empresa, avaliação de alternativas de investimento e etc., faz-se necessária uma análise minuciosa acerca da viabilidade do empreendimento, e para isso são utilizados indicadores financeiros (DHAVALE e SARKIS, 2017). O termo viabilidade é utilizado para definir a habilidade de seres vivos serem capazes de sobreviver sob condições diversas, sendo também aplicado a sistemas artificiais, ideias e entidades que precisam sobreviver por longos períodos, como é o caso de uma empresa, empreendimento, produtos e serviços a serem lançados (SCHUHBAUER *et al.* 2016).

Já Valenti *et al.* (2018) definem a viabilidade como gestão de recursos financeiros, tecnológicos, institucionais, naturais e sociais, para a garantia contínua das necessidades humanas para as gerações presentes e futuras.

Para avaliar a viabilidade econômica de um investimento faz-se necessário a análise de indicadores financeiros, sendo que os mais utilizados são: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno e Taxa Mínima de Atratividade (TIR e TMA), e o *PayBack* (ou ponto de retorno do capital investido).

Inicialmente devem ser apresentados conceitos básicos acerca de alguns tópicos necessários ao entendimento da análise econômica.

### 2.5.1 Receitas

As receitas de um projeto ou empreendimento, em um dado período de tempo são obtidas pelo somatório do produto entre as quantidades de cada produto comercializado pelo respectivo

preço de venda (BUARQUE *et al.*, 1991). Para as empresas fabricantes de produtos de consumo a receita estará diretamente relacionada à sua capacidade produtiva efetiva, que consiste nas quantidades que podem ser produzidas considerando-se as ineficiências associadas ao processo.

### 2.5.2 Custos Operacionais

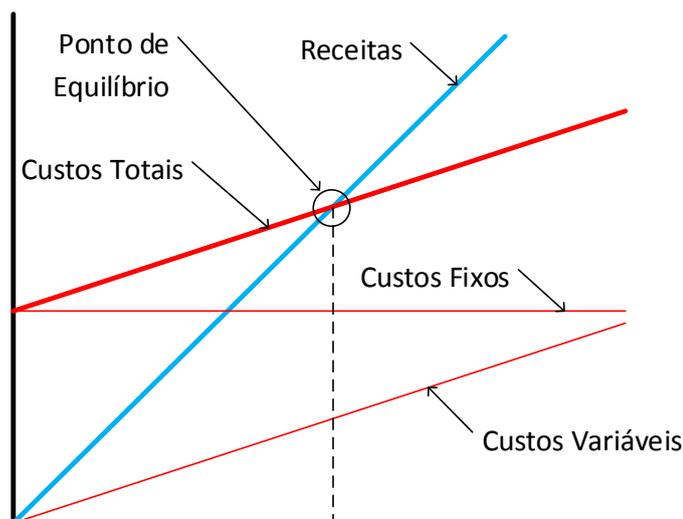
Custo total ou custo operacional (CO) consiste na soma dos custos advindos do funcionamento de uma empresa, os quais são classificados em dois grupos: custos variáveis e custos fixos. Custos fixos são aqueles decorrentes de despesas associadas ao funcionamento dos setores operacionais e demais despesas que não estão vinculadas diretamente ao processo produtivo, ou seja, não importa o volume de produção, estes valores não sofrerão alterações. Já os custos variáveis são aqueles vinculados ao volume produzido em um dado período, ou seja, variam de acordo com o nível de produção (BARROS *et al.*, 2014).

### 2.5.3 Depreciação

De acordo com Silva (2016), a depreciação representa um custo ou desvalorização associada ao desgaste dos bens da empresa. Cabe à empresa realizar uma reserva financeira equivalente à depreciação de cada bem, para que, ao término da respectiva vida útil, este seja substituído. O valor a ser reservado, ou o valor depreciado em cada bem deve ser definido a partir da sua vida útil, tendo um valor inicial para aquisição e um valor residual ao término da vida útil. A vida útil de bens de consumo tem como parâmetro valores disponibilizados pela Receita Federal para fins de apuração de impostos de renda.

### 2.5.4 Ponto de Equilíbrio Financeiro e Preço de Equilíbrio Financeiro

O ponto de equilíbrio representa a quantidade de produto que deve ser produzida/vendida para garantir que a empresa pague as contas, sem recebimento de lucros, ou simplesmente iguale as receitas com as despesas, como demonstrado na Figura 3. O conceito de ponto de equilíbrio é aplicado quando em um processo produtivo pode-se produzir em variados volumes, sendo que, após a definição do ponto de equilíbrio, analisa-se a quantidade apresentada e constata-se se é ou não possível superá-la. Caso não seja possível produzir além do ponto de equilíbrio, constata-se a inviabilidade do investimento.



**Figura 3** - Ponto de Equilíbrio: os custos e receitas representados em função do volume produzido/vendido

Fonte: Adaptado de Buarque *et al.* (1991).

Para processos onde o volume de produção é constante, pode ser utilizado o Preço de Equilíbrio Financeiro, que corresponde ao valor que o produto precisa ser vendido para garantir que o valor presente líquido seja igual a zero. Qualquer valor de venda acima deste condiciona um saldo positivo ou fluxo de caixa. Para este trabalho será considerado o valor de venda inferior ao valor de mercado como parâmetro para determinação do ponto de equilíbrio (GARCIA-BARBERENA *et al.*, 2014)

Com a definição do ponto de equilíbrio tem-se a produção mínima para que a empresa não gere prejuízos. Após esta etapa deve ser verificada a capacidade produtiva de unidade de beneficiamento, pois esta deve ser capaz de produzir um volume superior ao calculado por meio do ponto de equilíbrio.

### 2.5.5 Fluxo de caixa

O fluxo de caixa representa o resultado financeiro estimado e, segundo Assaf (2003), devem considerar exclusivamente os valores operacionais: Lucro operacional ou lucro antes da aplicação do imposto de renda, Imposto de Renda e Despesas não desembolsáveis incrementais que são os custos de depreciação e amortização.

### 2.5.6 Valor Presente Líquido (VPL)

O valor presente líquido é uma técnica de análise de viabilidade econômica que considera os valores atuais líquidos, econômicos, ambientais e sociais combinados, todos expressos em

termos monetários e, portanto, fundidos em uma medida composta de sustentabilidade. Por simplicidade, o valor presente líquido da sustentabilidade será introduzido apenas a partir de uma perspectiva macroeconômica que considere os pontos de vista combinados de governos e empresas. No entanto, ele também pode ser usado em um nível microeconômico, como o lucro da sustentabilidade (MELLICHAMP, 2017; ZORE *et al.*, 2018)

Este indicador financeiro é provavelmente a técnica de avaliação econômica mais utilizada e mais sofisticada disponível atualmente na literatura, e se baseia no desconto dos valores de entrada e saída em um fluxo de caixa previsto para o empreendimento com as respectivas correções dos valores sobre determinada taxa de juros ou taxa de desconto que pode variar de 10 a 30%, dependendo do risco associado ao empreendimento. São considerados alguns princípios básicos para a aplicação desta ferramenta: deve ser considerado que o valor monetário atual é maior do que o valor futuro, ou seja, haverá certa desvalorização da moeda ao longo do tempo; devem ser todos os fluxos de caixa líquidos futuros associados ao empreendimento (PERCOCO e BORGONOVO, 2012; ŽIŽLAVSKÝA, 2014).

Barros *et al.* (2014) definem o Valor Presente Líquido (VPL) dada uma taxa de desconto (ou taxa de rendimento mínima requerida, ou ainda taxa mínima de atratividade - TMA) para o projeto, ressaltando que a atratividade do projeto está condicionada ao valor positivo ou igual a zero deste indicador, sendo os projetos com valor negativo considerados inviáveis.

#### 2.5.7 Taxa Interna de Retorno (TIR) e Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Outra alternativa para a análise de viabilidade utilizada por engenheiros e economistas é a Taxa Interna de Retorno. Assim como o VPL, a TIR é uma ferramenta utilizada para avaliação de empreendimentos quanto à decisão de aceitação ou não, ou seja, se este apresenta viabilidade econômica para ser implementado (PERCOCO e BORGONOVO, 2012; DHAVALÉ e SARKIS, 2017; MELLICHAMP, 2017)

De acordo com Silva (2016) a TIR representa a taxa de desconto que igual as receitas com as despesas previstas no fluxo de caixa em um determinado momento. Em outras palavras, é a taxa que garante que o VPL seja igual a zero. Esta definição é confirmada por Mellichamp (2017), que complementa acerca da representação deste indicador normalizada e em unidades percentuais da TIR.

Para que o projeto seja ou não aceito, segundo este indicador, devem ser comparadas a TIR e a taxa mínima de atratividade (TMA), de modo que, nos casos onde a primeira apresentar-se menor do que a segunda o projeto mostra-se inviável, como dito por Assaf Neto (2003).

### 2.5.8 *PayBack e PayBack Descontado*

O *PayBack*, ou mínimo período de retorno financeiro, também é um indicador muito utilizado para análise de investimentos, e consiste na verificação do número mínimo de anos em que se espera recuperar os custos de investimentos tendo como base determinada renda teórica. Cada investimento possui um período de retorno esperado, sendo que, quanto maior o investimento maior é o tempo de retorno esperado (CHAZARRAA, 2018).

Já para Silva<sup>B</sup> (2013) o *PayBack* representa o tempo necessário para a recuperação de todo o capital investido utilizando-se de um fluxo de caixa estimado pelo projeto, enquanto que o *PayBack* descontando refere-se ao número de períodos para a recuperação do capital investido considerando-se uma taxa de desconto (juros). Este autor também apresenta este indicador como um importante parâmetro para análise dos riscos de um projeto, em que, quanto maior o prazo maiores riscos associados à decisão.

### 2.5.9 *Capital de Giro*

A avaliação da viabilidade perpassa pela análise de todos os custos, receitas e investimentos do empreendimento. O capital de giro deve ser inserido nesta avaliação, sobretudo pela necessidade de se dispor este valor no início das operações de qualquer empresa, sendo justificada a busca destes valores juntamente com os valores de investimento junto a credores.

O capital de giro pode ser definido como a diferença entre ativo circulante (valores financeiros disponíveis no caixa da empresa, ou em contas bancárias e outros) e o passivo circulante (contas a pagar, dívidas com fornecedores de mercadorias ou matérias prima, e outros), dentro de um horizonte de observação de um ano ou menos (BREALEY *et al.*, 2012).

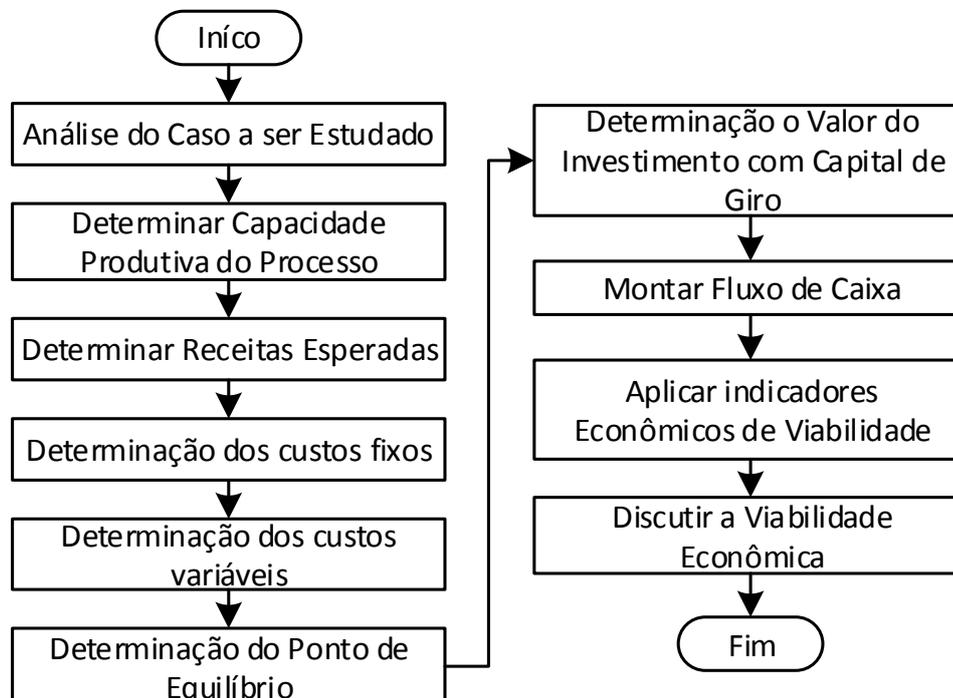
Representa uma forma de se medir a capacidade, em curto prazo, de uma empresa continuar as operações, sobretudo para o caso de empresas de pequeno porte ou jovens, as quais dispõem de menos recursos financeiros que empresas maiores e já consolidadas (ABE *et al.*, 2012). Para o caso de empresas iniciantes, os valores referentes ao capital de giro podem ser adquiridos juntamente com os valores necessários para o investimento inicial. Também pode ser definido como a administração das operações diárias de curto prazo de uma empresa, e é composto por contas a pagar, contas a receber e estoques (MASRI *et al.*, 2018)

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste tópico serão abordados os procedimentos metodológicos a serem realizados para a obtenção dos dados necessários à verificação da viabilidade econômica do processo de produção da Lacase.

Como base para a análise de algumas variáveis inerentes à verificação da viabilidade econômica (custos variáveis e de investimento) será utilizado o processo produtivo descrito no tópico 3.1 (Processo Produtivo da Lacase) onde se verificam os efeitos combinados do pH e da temperatura sobre o processo de degradação da vinhaça utilizando o fungo *P. sajor-caju* CCIBt 020 buscando a redução do potencial poluidor da vinhaça, a obtenção de biomassa e enzimas (Lacase e *Manganês-peroxidase*).

As demais variáveis necessárias à análise da viabilidade econômica foram analisadas durante o desenvolvimento deste trabalho. Na figura 4 representa as etapas seguidas neste trabalho a fim de facilitar o entendimento acerca do procedimento metodológico utilizado.



**Figura 4 - Fluxograma Metodológico**

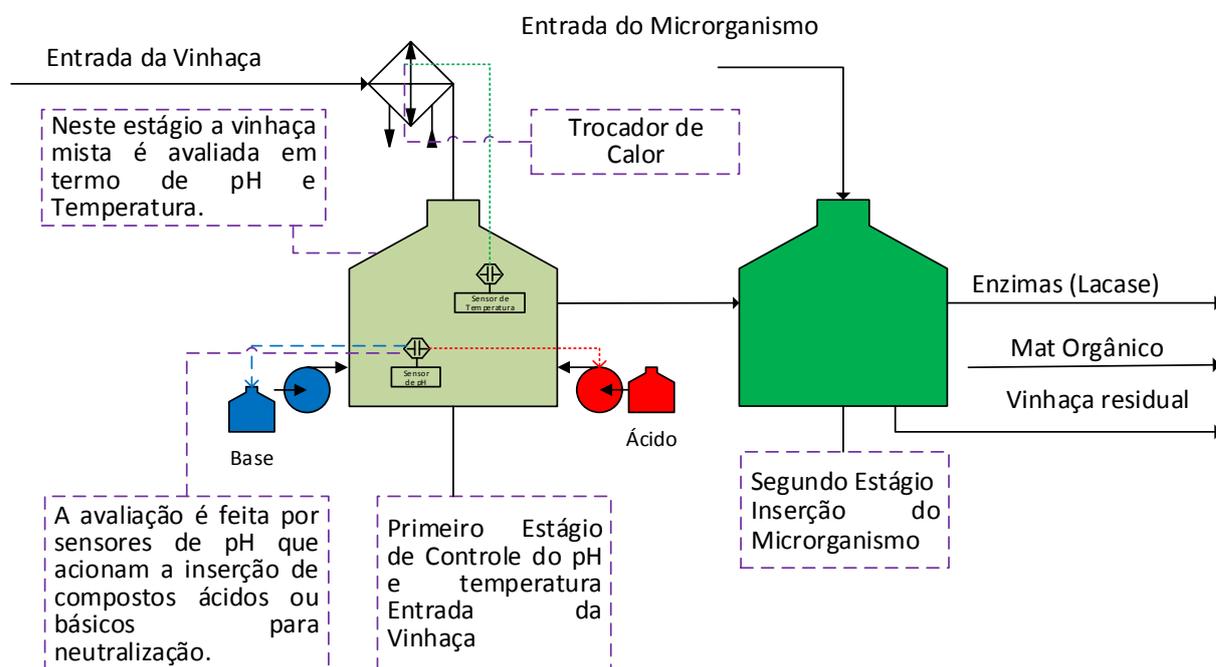
Ressalta-se que este trabalho busca a obtenção da viabilidade econômica de uma empresa, e para isto todas as variáveis necessárias à análise serão relacionada a uma empresa que

contenha todos os setores necessários ao pleno funcionamento, ou seja, com setores de produção (diretamente ligados ao beneficiamento da matéria prima) e setores operacionais ou de suporte à produção (demais setores da empresa).

### 3.1 Processo Produtivo da Lacase

O processo de produção proposto para a Lacase segue a rotina apresentada na Figura 5, onde a vinhaça proveniente do processo de beneficiamento do álcool tem sua temperatura reduzida por um trocador de calor e segue para um reservatório onde o pH é medido e equilibrado.

Posteriormente a vinhaça segue para o reator *air-lift* composto por um tubo concêntrico com dimensões: 104 cm de altura x 9 cm de diâmetro. Internamente o reator conta com um “tubo de corrente” para a passagem do ar, que proporciona a agitação do fluido, cujas medidas são: 72,5 cm de altura por 5cm de diâmetro, posicionado a 18,5 cm da parte superior do primeiro tubo. Nesta etapa é inserido o fungo *P. sajor-caju CCIBt 020*, responsável pela fermentação da vinhaça e produção da Lacase (e outras enzimas) e de material orgânico.



**Figura 5** – Esquema de Produção Proposto da Lacase

Seguindo este esquema produtivo foi feito levantamento de demanda das máquinas, equipamentos, insumos diretos e indiretos, bem como a capacidade produtiva, a receita estimada e custos associados à produção da enzima.

### 3.2 Determinação da Receita Bruta (RB)

A receita de uma empresa pode ser calculada utilizando a Equação 1, na qual em um dado tempo (t) é feito o somatório do produto entre as quantidades de cada produto (Qi) comercializado pelo respectivo preço de venda (PVi).

$$RB = \sum_{i=1}^n Q_{it} * PV_{it} \quad [1]$$

Neste estudo será considerada apenas a enzima Lacase como produto comercializável, sendo que, para a determinação da respectiva quantidade comercializada será considerado um volume de capacidade produtiva superior ao ponto de equilíbrio.

### 3.3 Custos Operacionais

A determinação dos custos operacionais (CO) perpassa a verificação dos custos fixos (CF) e variáveis (x: custo do produto; p: volume produzido), e pode ser calculado utilizando a Equação 2.

$$CO = \sum_{i=1}^n (CF_{it} + x_{it}p_{it}) \quad [2]$$

Para a determinação dos custos fixos serão considerados os custos de: mão de obra direta e indireta, encargos sociais incidentes sobre a mão de obra, despesas de manutenção e conservação das instalações produtivas e equipamentos, serviços terceirizados e depreciação dos equipamentos (como descrito no tópico 2.6.3). A depreciação (D) de um bem é determinada pela Equação 3, tendo um valor inicial para aquisição (Vi) e um valor residual (Vt) ao término da vida útil. A vida útil de bens de consumo é disponibilizada pela Receita Federal para fins de apuração de impostos de renda. Vale ressaltar que também será adicionado sobre os custos fixos 5% como margem de segurança do projeto.

$$D = \frac{V_i - V_t}{n} \quad [3]$$

Já para a determinação dos custos variáveis serão considerados os custos dos insumos necessários à produção da Lacase: vinhaça, componentes químicos, materiais biológicos, despesas de comercialização e tributos. O resultado do somatório dos insumos utilizados subtraído pelo volume produzido (p) equivale ao custo variável unitário (x), necessário à determinação do ponto de equilíbrio que será calculado posteriormente. Sobre os custos variáveis unitário será acrescido 20%, assim como para o tópico 3.1 – Levantamento dos Custos Fixos.

Também serão levados em conta as despesas tributárias e de comercialização associadas à venda da enzima produzida, e este é considerado um custo variável pois depende diretamente da quantidade vendida (ou valor faturado). Atualmente no Brasil é possível para a maioria das empresas escolher em qual regime de tributação desejam estar inseridas, sendo que as três modalidades existentes são: Lucro Real, onde a empresa necessita realizar a contabilização precisa de seus rendimentos sobre os quais incide um percentual que deve ser destinado em forma de tributos variados (PIS, COFINS, IRPS, dentre outros); Lucro Presumido, onde há uma simplificação na apuração de alguns dos tributos e a redução da alíquota de outros; e o Simples Nacional, que simplifica os cálculos dos tributos vinculando a faixas de receitas brutas um percentual a ser pago. Este último é destinado a empresas de micro e pequeno porte, como pode ser verificado na Lei Complementar 123/2006.

### **3.4 Determinação do Ponto de Equilíbrio**

Para a determinação do ponto de equilíbrio será utilizada a Equação 4, onde o custo fixo (CF) é dividido pela margem de contribuição ou diferença entre o preço de venda (PV) e o custo variável unitário (CV). O preço de venda foi definido a partir de pesquisas de mercado, utilizando 3 orçamentos de fornecedores internacionais da enzima Lacase.

$$PE = \frac{CF}{PV-CV} \quad [4]$$

### **3.5 Determinação do Capital de Giro**

O capital de giro será determinado a partir do somatório dos custos fixos e variáveis por um período de 6 meses, para que a empresa possa se manter até que as receitas superem os custos operacionais.

### **3.6 Determinação dos custos de Investimento**

Os custos de investimento ou investimento inicial serão verificados a partir da capacidade produtiva definida para a empresa. Neste trabalho será acrescido um valor percentual (a ser definido) para que a capacidade dos equipamentos seja superior à capacidade da empresa, ou seja, para que sejam distinguidas a produção nominal (capacidade especificada em cada máquina) da capacidade efetiva (volume produzido considerando as ineficiências do processo produtivo). A partir deste dado foram levantados os custos das máquinas e equipamentos necessários à realização da produção nominal, bem como os custos para construção do galpão onde o processo produtivo será realizado. Os custos de instalação das máquinas e equipamentos também foram considerados, além de um acréscimo de 10% sobre o valor total, como margem de segurança.

Ainda será adicionado o valor do Capital de Giro, obtendo-se com isso o valor a ser investido inicialmente na empresa. Como geralmente cerca de 70% do valor do investimento é obtido a partir de empréstimo junto a instituições financeiras, e cuja quitação estará condicionada a parcelas acrescidas de juros, estas parcelas deverão ser determinadas para composição do fluxo de caixa.

### **3.7 Construção do Fluxo de Caixa e Determinação dos Indicadores Econômicos**

O fluxo de caixa será definido a partir da aplicação da Equação 5, que considerará o valor do lucro operacional subtraído do imposto de renda e somado às despesas não desembolsáveis em cada período. Assim, para cada ano será determinado um resultado financeiro (lucro ou prejuízo), tendo um prazo variando entre 5 e 10 anos como horizonte de observação para empreendimentos considerados de micro e/ou pequeno porte. Outros fluxos de caixa serão montados utilizando variações da capacidade produtiva escolhidos a partir do aumento da capacidade produtiva para que sejam abordados os cenários otimista, pessimista e um cenário intermediário.

$$\Delta FCO = \Delta LOP_B - \Delta IR \times (\Delta LOP_B) + \Delta DND \quad [5]$$

Onde:

$\Delta FCO$ = Fluxo de Caixa Operacional Incremental;

$\Delta LOP_B$ = Lucro Operacional Bruto (antes do imposto de renda);

$\Delta IR$ = Imposto de Renda Incremental tendo como base da cálculo o  $LOP_B$ ;

$\Delta DND$  = Despesas Não Desembolsáveis Incrementais (depreciação, amortização e exaustão).

Os indicadores econômicos de viabilidade serão calculados para cada um dos 3 cenários, onde serão analisados os resultados de cada período e definidos os respectivos valores para cada um dos seguintes indicadores: Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e *PayBack*.

O Valor Presente Líquido (VPL) será definido a partir da aplicação da Equação 6, sendo que, para valores superiores a zero considera-se o projeto como economicamente viável.

$$VPL = \left[ \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} \right] - \left[ I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+r)^t} \right] \quad [6]$$

Onde:

$FC_t$  = Fluxo de caixa de cada período;

$r$  = taxa de desconto do projeto, representada pela rentabilidade mínima requerida;

$I_0$  = investimento processado no momento zero;

$I_t$  = valor do investimento previsto em cada período subsequente.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) será definida a partir da aplicação da Equação 7, sendo que a viabilidade é definida pela comparação entre o valor obtido e a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) a ser determinada posteriormente. Caso  $TIR \geq TMA$ , considera-se o projeto como viável economicamente.

$$I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+r^*)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r^*)^t} \quad [7]$$

Onde:

$I_0$  = investimento processado no momento zero (início do projeto);

$I_t$  = montantes previstos de investimentos em cada período subsequente;

$r^*$  = taxa de rentabilidade equivalente periódica, TIR;

$FC_t$  = fluxos previstos de entrada de caixa em cada período de vida do projeto (benefícios de caixa).

Já o *PayBack* será verificado por análise direta dos fluxos de caixa, analisando o momento em que este torna-se positivo.

### 3.8 Análise comparativa entre estudo de caso e outros trabalhos disponíveis na literatura

Após a verificação da viabilidade econômica aplicada ao estudo de caso em questão, foi feita uma comparação com outros trabalhos (Osma *et al.*, 2011; Pezzella *et al.*, 2017) que

abordam o custo de produção da Lacase. Como cada autor concluiu seus trabalhos com custos de produção unitários bem distintos, esta análise possibilitará a observação de características que poderão ser futuramente assumidas em outros estudos a fim de se obter novas perspectivas de retorno financeiro.

Também foram demonstrados os indicadores econômicos obtidos a partir da utilização dos dados dos referidos trabalhos mesclados a informações econômicas deste estudo de caso, tais como custos fixos, receita prevista e outros. Com isso a viabilidade dos processos produtivos propostos nos respectivos trabalhos poderá ser apresentada e discutida.

### 4. RESULTADOS

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação das ferramentas e técnicas apresentadas na metodologia. Seguindo o Fluxograma Metodológico (Figura 4), a primeira etapa foi a Análise do Caso a Ser Estudado, que significa analisar as particularidades do processo de produção de Lacase. Neste sentido foram observados a sequência produtiva, os insumos diretos e indiretos utilizados em cada etapa, os tempos de processamento de cada etapa, as máquinas e equipamentos e os recursos humanos necessários à produção de determinado volume de Lacase. Com isso pode-se avaliar a capacidade produtiva em um caso laboratorial e projetá-la para se adequar à produção de uma pequena empresa de beneficiamento.

#### 4.1 Determinação da Capacidade Produtiva

A partir de testes laboratoriais foi possível verificar o resultado final em termos de produtos comercializáveis provenientes da ação do fungo *P. sajor-caju* CCIBt 020 quando inserido em vinhaça, como descrito no tópico 3.1 – Processo produtivo da Lacase.

Testes laboratoriais foram realizados em um tempo de 16 dias corridos, onde a vinhaça foi utilizada a uma temperatura de 30°C e com um pH de 5,0, e o reator utilizado foi o modelo *air-lift* com um volume de aproximadamente 6 L de vinhaça. Durante o processo foi verificado que a enzima atingiu a velocidade máxima de reação no 4º dia, gerando um total de 21,67 g da enzima. A partir deste volume produzido estimou-se que em 30 dias seria possível produzir 162,5 g da enzima, considerando uma produção em bateladas ou lotes com duração de 4 dias e sem intervalo entre si, valor este definido como capacidade produtiva para um único reator.

Como este estudo visa a produção para uma empresa de pequeno porte, foi estabelecida a utilização de 3 reatores com mesmo volume utilizado no experimento. Isso resultaria em um volume de produção de aproximadamente 500 g de Lacase a cada mês, volume este que, inicialmente, seria suficiente para avaliar a viabilidade deste empreendimento, e foi tomado como 100% da capacidade produtiva ao longo do estudo.

Entende-se que este volume de produção pode variar por diversos motivos como: variação do pH e da temperatura, qualidade do fungo, características da vinhaça, e etc. Também são conhecidos outros métodos (Osma et al, 2011) que, segundo a literatura, apresentam maior

volume de produção. Todavia, os dados necessários (custos fixos e variáveis, receita estimada, custos de investimento, depreciação, impostos, e etc.) para a análise adequada de cada um destes métodos não estão disponíveis, e as considerações sobre as características do processo que podem influenciar no volume de produção não foram consideradas para análise dos custos de investimento e de operação. Sendo assim, toda a análise de viabilidade econômica foi tratada considerando volumes de produção inferiores à capacidade máxima estabelecida de aproximadamente 500 g para 3 reatores.

## **4.2 Receita Estimada**

Para determinar a receita bruta estimada para um empreendimento, faz-se necessário analisar junto aos concorrentes, caso existam, os valores de venda praticados, o que demanda uma pesquisa de mercado. Também é necessário escolher uma faixa de concorrência, ou seja, o público que se deseja atender baseado no quanto é possível cobrar pelo produto.

Atualmente a empresa Sigma é a principal referência na comercialização de enzimas, sendo que o valor de venda praticado por ela para a enzima Lacase é de R\$4.762,00 por pacote de 10g (aproximadamente \$1236.00).

Por razões óbvias, para o caso do empreendimento analisado neste estudo, será necessário praticar valores bem inferiores aos praticados pelo principal concorrente. Sendo assim, foi utilizado o valor de venda de R\$2.900,00 para cada pacote de 10g, e como estimado anteriormente, como a capacidade produtiva é de 48 pacotes por mês, a receita bruta estimada para o empreendimento será de aproximadamente R\$1.670.000,00 anuais.

Ao longo dos anos, e com a experiência e conquista do reconhecimento de parte do mercado consumidor, os valores praticados podem ser modificados para mais ou para menos. No caso de se elevar o valor de venda, o faturamento anual poderá ser proporcionalmente elevado mantendo-se a mesma capacidade produtiva, enquanto que a redução do valor de venda poderá, também, elevar o faturamento com o aumento da demanda pelo produto e a competitividade junto ao mercado, cabendo à direção do empreendimento tomar a decisão em momento oportuno.

## **4.3 Custo Total**

Para a determinação dos custos totais envolvidos na abertura e operação da usina foram determinados os custos fixos e variáveis, bem como a adição de custos eventuais para prover situações não contabilizadas durante a avaliação da viabilidade econômica e para atribuir característica pessimista ao projeto (gera maiores garantias de viabilidade).

Nesta etapa foram definidos os custos fixos e variáveis estimados para a operacionalização da empresa.

#### *4.1.1 Custos Fixos e de Investimento Inicial (pq aghora ta em negrito o titulo 3??)*

##### *Custos com Mão de Obra*

Considerando-se uma indústria inicialmente de pequeno porte foram estabelecidos 6 funcionários: dois sócios investidores, dois técnicos de laboratório, um colaborador para realizar serviços gerais e outro para atendimento ao público em geral. Estes profissionais são suficientes para garantir o funcionamento da empresa 24 horas por dia, sendo que os dois colaboradores destinados para o atendimento ao público e serviços gerais trabalhariam em horário comercial. Já que os técnicos com horários de trabalho não sequenciado, em formato de escala, garantindo o acompanhamento do processo produtivo em tempo integral.

Neste sentido, foram consideradas retiradas dos sócios investidores no valor de R\$10.000,00 mensais para cada um. É comum que os sócios tenham acesso a certos recursos da empresa, caso desejem realizar retiradas além do *pró-labore* (remuneração dos sócios). Para estas situações, sugere-se que, inicialmente, as únicas retiradas sejam feitas ao término de cada semestre ou ano fiscal, onde podem ser feitas divisões de lucros e dividendos entre os sócios. Deste modo a empresa mantém capital de giro em todo tempo, sem necessitar recorrer a aplicações financeiras feitas pelos sócios sempre que ocorrer um imprevisto.

Dado que este projeto destina-se a empresas que já beneficiam a cana-de-açúcar, e tem como resíduo a vinhaça, entende-se que esta remuneração dos sócios pode ser convertida como rentabilidade corporativa, entendendo que a unidade de tratamento da vinhaça e produção da Lacase será considerada uma extensão da própria empresa. Este estudo foi direcionado com a perspectiva de que empreendedores interessados no processo produtivo farão investimentos criando uma empresa nova, mas o resultado esperado neste estudo não será afetado mudando-se a perspectiva. Para os dois técnicos de laboratório, dada a carga horária diferenciada e vinculada a escalas que os condicionarão a trabalhar em dias e horários não convencionais, foi estabelecida uma remuneração de R\$2.000,00 para cada um, salário este que está próximo da média nacional, como pode ser verificado em pesquisas apresentadas na internet sobre remunerações de cada profissão no Brasil (CATHO, salario.com.br, e outros).

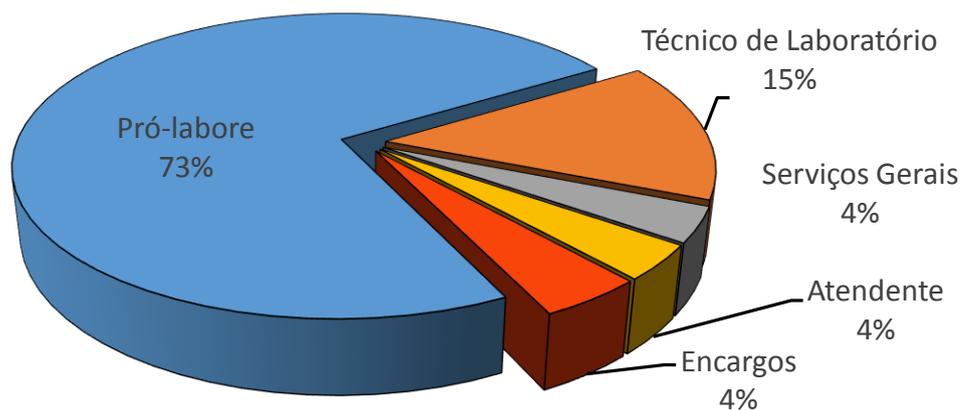
Para os dois colaboradores adicionais que realizarão os serviços gerais e para o atendimento ao público foi atribuída uma remuneração baseada no salário mínimo brasileiro, que é de aproximadamente R\$1000,00.

No Brasil existem legislações favoráveis aos colaboradores das empresas, com leis trabalhistas que encarecem a mão de obra, dados os altos custos com encargos sociais e trabalhistas, que abrangem férias, 13º salário, INSS, FGTS, auxílio alimentação e transporte, e outros, de modo que um colaborador que receba um salário mínimo como remuneração pode custar para o contratante cerca de R\$1.700,00 por mês. Tendo em vista estes custos, e considerando a mão de obra mencionada e seus encargos sociais, foi calculado um valor de aproximadamente R\$41.000,00 anuais destinados aos encargos sociais dos colaboradores e dos sócios.

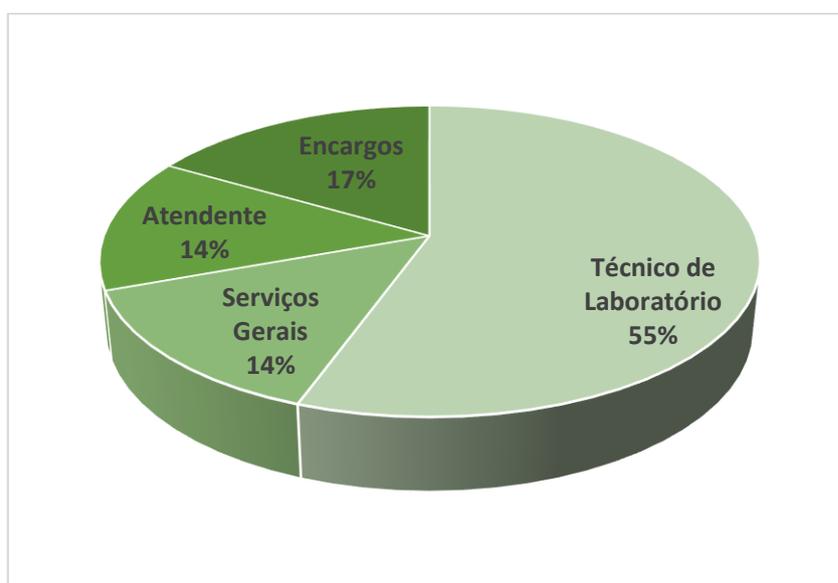
Deste modo, o custo estimado para este projeto com mão de obra, considerando um cenário de apenas 4 colaboradores e 2 sócios, é de aproximadamente R\$370.000,00 anuais. Sobre os valores salariais e de *pró-labore*, bem como para os encargos sociais foram adicionados 5% como margem de segurança para o caso de algum custo ou despesa eventual relacionada a este custo venham a ocorrer ao longo do ano.

A Figura 6 demonstra a distribuição dos gastos com mão de obra e encargos. Nota-se que para o processo produtivo em questão, considerando o porte da empresa e o estágio inicial de operações, o principal custo observado é para as retiradas dos sócios. Esta situação só é possível pelo número reduzido de colaboradores, justificado pela necessidade da empresa. Sabe-se que, ao passo em que a empresa evolua, e o volume de produção cresça, assim como o lucro, será possível contratar mais colaboradores em todas as esferas, incluindo níveis hierárquicos não considerados neste estudo, como gerentes, supervisores, encarregados etc. Isto alterará significativamente a distribuição dos custos com mão de obra e encargos.

Outro ponto a ser observado é que, se considerarmos que esta empresa seja uma extensão daquelas beneficiadoras da cana-de-açúcar, o valor destinado ao *pró-labore* deixaria de fazer parte do centro de custo em questão, o que também modificaria significativamente este cenário, como pode ser observado na Figura 7. Nesta situação, os custos com os técnicos de laboratório seriam mais expressivos, sendo que, para os primeiros momentos de evolução e aumento da capacidade produtiva de empresa, estes seriam os profissionais que seriam inicialmente contratados.



**Figura 6** - Custos de mão de obra e encargos considerando sócio investidor (com *pró-labore*)



**Figura 7** - Custos com mão de obra e encargos considerando empresa com beneficiamento (sem *pró-labore*)

Custos com Construção/Aquisição e Manutenção/Conservação

Para a implementação de uma empresa de beneficiamento de vinhaça para produção da Lacase deve-se ponderar os custos associados à aquisição de máquinas e equipamentos, bem como a construção ou aquisição de um local para o respectivo funcionamento, independentemente desta empresa ser nova ou somente a extensão de uma empresa já existente.

Referente à decisão de compra ou construção de um imóvel para operacionalizar o processo produtivo, neste estudo foi considerada a alternativa de construção de um galpão, cujo custo estimado por metro quadrado é de aproximadamente R\$700,00 por m<sup>2</sup>, segundo orçamento feito junto a construtoras locais, valor este que não diverge dos praticados em outros estados no Brasil. Este custo já abrange os materiais utilizados na construção, bem como a mão de obra de forma geral e as licenças e alvarás de construção, excluindo-se custos associados à compra ou arrendamento de terreno para construção.

Para a aquisição do terreno e construção de um galpão com aproximadamente 200 m<sup>2</sup>, estima-se um custo aproximado de R\$240.000,00. Caso o investidor decida arrendar o terreno para construção, o valor associado à compra do mesmo pode ser subdividido em parcelas a serem pagas ao proprietário durante o período de funcionamento da empresa. Neste caso, o tempo de funcionamento da empresa é o mesmo tempo de análise da viabilidade, considerando que é de 5 anos.

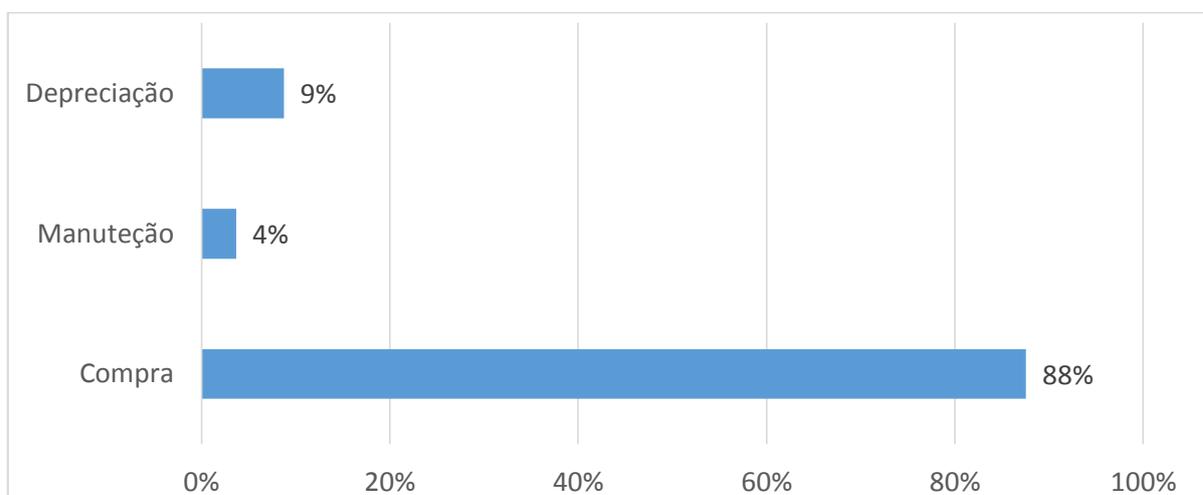
Com relação aos custos com máquinas e equipamentos (espectrofotômetro, *shaker*, autoclave, bomba a vácuo, câmara fria e outros), foram feitos orçamentos junto aos grandes fornecedores de equipamentos laboratoriais e industriais necessários para uma empresa de pequeno porte, o que resultou em um valor de aproximadamente R\$ 140.000,00. Os custos foram verificados em dólares, o que pode gerar significativa variação à medida que o tempo passa.

Sabe-se que com a utilização ao longo dos anos, tanto máquinas e equipamentos quanto o galpão, gerarão desgastes e necessidades de manutenção neste recursos imobilizados, bem como a depreciação dos respectivos valores iniciais. Para a manutenção destes ativos foram destinados neste estudo 10% sobre o valor das máquinas e equipamentos e 1% sobre o valor do galpão. Mesmo sabendo-se que em um primeiro momento não serão feitas manutenções, considerou-se este custo para garantir reservas financeiras durante todo o prazo de operação da empresa.

A depreciação refere-se à desvalorização de um bem ao longo dos anos. Cada tipo de bem tem associado um percentual de depreciação anual estipulado pela Lei N° 11.638/2007 da legislação vigente no Brasil. Nesta Lei verifica-se que, para instalações comerciais, o percentual de desvalorização sobre o valor inicial (valor de aquisição) é de 10% ao ano, e para as máquinas e equipamentos, 30% ao ano. Em termos financeiros, significa dizer que estes bens excederão a vida útil em 10 anos, para o caso do galpão, e aproximadamente 3 anos, para as máquinas e equipamentos, e em tese, deverão ser substituídos.

Na prática estes percentuais de depreciação são utilizados pelo governo como base para cálculos tributários. Tanto o imóvel quanto as máquinas e equipamentos permanecerão em uso na empresa após esgotados os prazos supracitados para as respectivas vidas úteis. Todavia, a vida útil de um bem é um fator muito considerado no estudo de viabilidade econômica pois é utilizado como parâmetro para a imobilização de capital que será utilizado para a substituição destes. Em outras palavras, a empresa deve imobilizar o valor referente à depreciação de cada bem para que, ao término da vida útil, cada um seja substituído por equipamentos novos, e é desta maneira que será tratada a depreciação neste estudo.

Deste modo, o somatório dos custos de aquisição de máquinas e equipamentos, da compra ou arrendamento do terreno e construção do galpão, bem como aqueles associados à manutenção/preservação e depreciação destes bens, será de aproximadamente R\$430.000,00. A Figura 8 demonstra a estratificação dos custos de investimento na compra das máquinas e equipamentos, na construção do galpão e compra do terreno, manutenção e conservação e depreciação destes ativos para uma empresa de pequeno porte para o beneficiamento de vinhaça para produção de Lacase.



**Figura 8 – Estratificação dos Custos de Investimento**

Ressalta-se que, destes custos, aqueles associados à manutenção, conservação, depreciação serão considerados como custos fixos, contínuos e estáveis durante o tempo de funcionamento da empresa, e serão somados aos demais custos fixos e variáveis para compor os custos totais.

A Figura 8 representa os custos tanto para uma empresa de pequeno porte quanto para empresas de grande porte, pois a projeção dos percentuais de depreciação e manutenção serão

mantidos, não importando o valor investido, ou seja, somente o montante destes custos será maior.

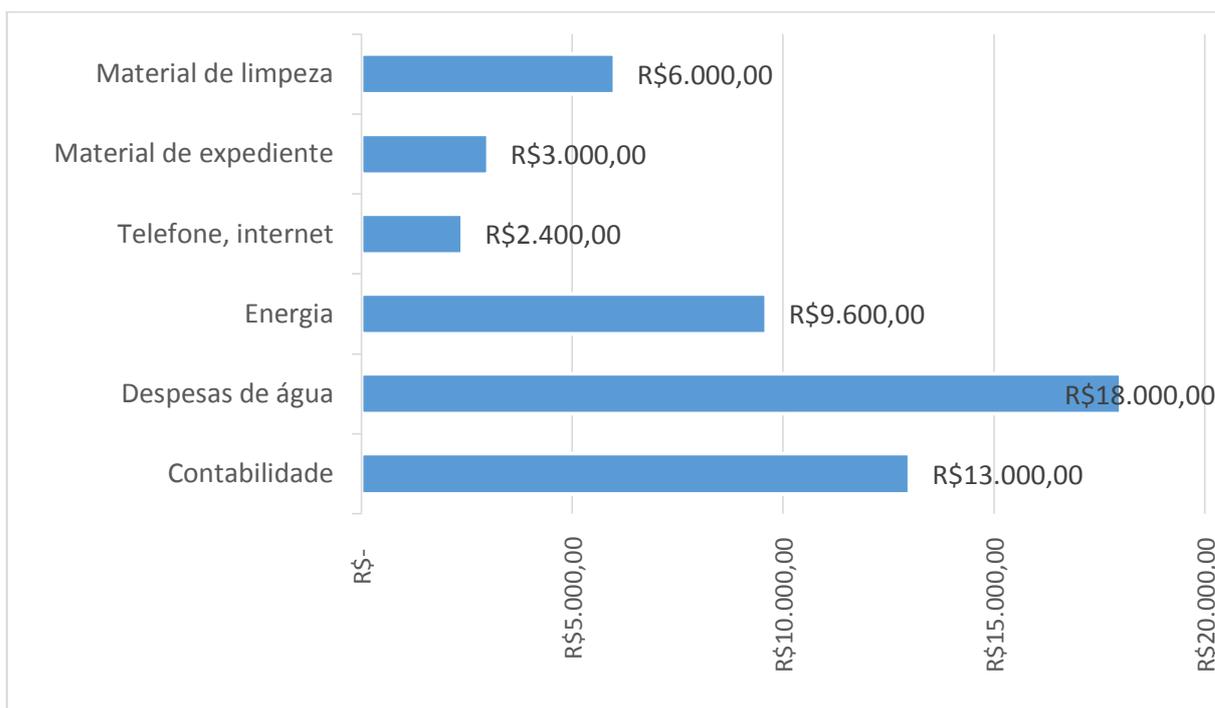
### *Custos com Serviços Terceirizados*

Outro fator a ser considerado para a operacionalização de qualquer empresa é o custo associado à contratação de serviços terceirizados, sem os quais torna-se impossível o seu funcionamento. Neste estudo foram considerados como serviços terceirizados: serviços de contabilidade, despesas com água e energia, telefone, internet e materiais de limpeza e expediente.

Os serviços de contabilidade são necessários ao passo em que toda empresa, não importa o tamanho ou segmento, necessita realizar cálculos de impostos e trabalhistas, o que demanda grande conhecimento nas leis vigentes e nas particularidades de cada produto e localidade, dentre outras. Para evitar a contratação de um profissional destinado apenas para esta função, a alternativa mais viável é a terceirização deste serviço.

Já as despesas com água e energia são considerados como custos variáveis em alguns casos. Neste estudo, dado que estes insumos não estão diretamente relacionados ao produto final, foram considerados como custos fixos, onde uma estimativa baseada na média de consumo de pequenas empresas foi utilizado para calcular os respectivos valores anuais. Este raciocínio foi utilizado também para os custos com telefone e internet, bem como os produtos de uso e consumo no dia a dia.

Entendendo que existem custos eventuais não considerados nesta análise, foram adicionados 5% sobre o somatório destes aqui relacionados, o que resultou em um montante de aproximadamente R\$ 55.000,00 anuais. A Figura 9 demonstra a estratificação destes custos, e assim como abordado no tópico anterior (4.1.1.2 - Custos com Construção/Aquisição e Manutenção/Conservação), a estimativa de distribuição percentual destes custos independe do porte da empresa, podendo ser utilizado como referência para outras análises.



**Figura 9** - Estratificação dos serviços terceirizados

#### 4.1.2 Custos Variáveis

Após análise do processo produtivo foram verificados que os insumos necessários à produção da enzima proveniente da vinhaça de cana-de-açúcar com capacidade produtiva de 487,6 gramas de Lacase gerariam um custo aproximado de R\$ 4.500,00 por mês. Estes insumos compõem somente os reagentes para adequação do pH da vinhaça, o material orgânico e os insumos para análise da enzima produzida ao término do processo produtivo, excluindo-se o insumo mais volumoso que é a vinhaça. Esta exclusão decorre do fato que a vinhaça é um resíduo de um processo produtivo, e como tal, está sujeito a destinações que, em muitos casos, não é adequada: reutilização para irrigação da cana-de-açúcar, estocagem em grandes reservatórios ao ar livre, descarte direto no meio ambiente e etc.

Para o caso do descarte direto no meio ambiente, por ter grande potencial poluidor, os prejuízos à fauna e flora são imensuráveis. Além do impacto ambiental ainda há o impacto econômico sobre as empresas que descartam resíduos sem a correta adequação, dado que os valores das multas são relativamente altos nos casos em que são flagradas.

Um dos objetivos deste trabalho é analisar a viabilidade econômica aplicada ao beneficiamento da vinhaça, apresentando uma alternativa para destinação deste resíduo, e como

demonstrado na literatura, ao submeter a vinhaça a determinados fungos de podridão branca é possível obter produtos de alto valor agregado e ainda adequá-la a padrões predefinidos na legislação para o descarte. Neste sentido, e considerando a vinhaça como um resíduo ou rejeito industrial, seria possível para o caso de uma empresa de tratamento de vinhaça independente cobrar determinados valores às produtoras para realizar o recolhimento e tratamento deste resíduo e posterior destinação adequada, como já ocorre em outros sistemas produtivos. Com isso, a venda da enzima após o processo de beneficiamento da vinhaça proveria a principal fonte de renda para estas empresas, sendo que a terceirização do tratamento da vinhaça representaria mais uma fonte de renda.

Para este estudo não foi considerada esta segunda fonte de renda, dado que não foram levantados aspectos econômicos para se determinar o valor a ser cobrado para cada unidade (litro, barril e etc.) de vinhaça recolhida. Já para a situação em que as empresas beneficiadoras de cana-de-açúcar anexem ao seu processo produtivo a unidade de beneficiamento da vinhaça, esta seria tratada e adequada ao descarte no meio ambiente, gerando ainda uma fonte de renda alternativa, e com isso, justificando-se o fato de não se considerar neste estudo os custos variáveis de produção associados ao insumo vinhaça.

Apesar da liberdade legal para cada empresa escolher em qual regime de apuração de impostos deseja ser inserida, existem restrições para tal escolha, sendo o faturamento anual uma das principais barreiras. Em todo caso, estima-se que a carga tributária total no Brasil gire em torno de 32%, enquanto que em mercados emergentes é de 27% (WATANABE, 2018). Caso o empreendimento seja um anexo à usina de tratamento da cana-de-açúcar, o regime tributário será mantido, a menos que sejam constatadas vantagens associadas à mudança no regime de tributação, o que necessitará de assessoria especializada normalmente fornecida pela empresa terceirizada de contabilidade. Já para o caso deste estudo, em que uma nova empresa será aberta, o regime tributário selecionado foi o Simples Nacional, dado que esta será considerada como de micro e/ou pequeno porte.

Como a receita estimada para o empreendimento foi de aproximadamente R\$1.670.000,00 por ano (verificado no tópico 4.2 – Receita Estimada), confirma-se a classificação desta empresa como de micro e/ou pequeno porte, bem como é possível verificar que o percentual incidente sobre o faturamento anual será de 11,20%, destinado a empresa que faturam entre R\$720.000,01 a R\$1.800.000,00 anuais. Sobre o valor aproximado dos tributos para este empreendimento foram acrescidos 2% como margem de segurança, alcançando um valor aproximado de R\$127.000,00 anuais.

#### *4.1.3 Determinação do Custo Total*

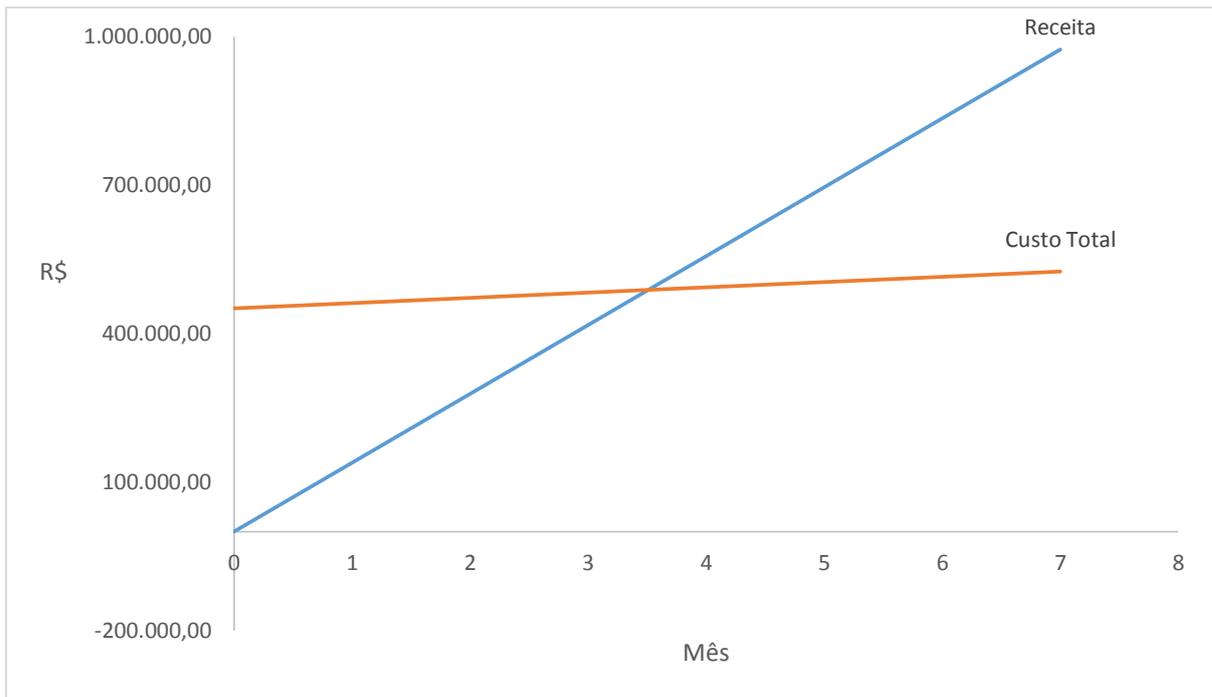
A partir da análise de todos os custos fixos e variáveis associados ao processo de produção da Lacase a partir da vinhaça de cana-de-açúcar utilizado como estudo de caso neste trabalho, não desprezando possíveis valores eventuais e margens de segurança, e considerando uma capacidade produtiva anual de 576 pacotes contendo 10g da enzima, foi possível estabelecer um custo total aproximado de R\$780.000,00 anuais para que este empreendimento possa ser operacionalizado.

#### **4.4 Ponto de Equilíbrio**

Tanto para situações onde se deve analisar a viabilidade de um empreendimento quando na gestão continuada de uma empresa, um indicador que deve ser observado é o ponto de equilíbrio. Ele pode ser interpretado como a quantidade de produtos produzidas ou valor de faturamento necessários para que seja possível a quitação de todas as despesas da empresa, não restando saldo financeiro.

O cálculo deste indicador depende diretamente da determinação dos custos fixos e dos custos variáveis, bem como é necessário verificar o preço de venda. A diferença entre o preço de venda e o custo variável unitário resulta na chamada margem de contribuição, sendo que, quando se realiza a divisão do custo fixo por esta margem, obtêm-se a quantidade de produtos que deve ser produzida/vendida para que se atinja o ponto de equilíbrio, como demonstrado na Equação [3].

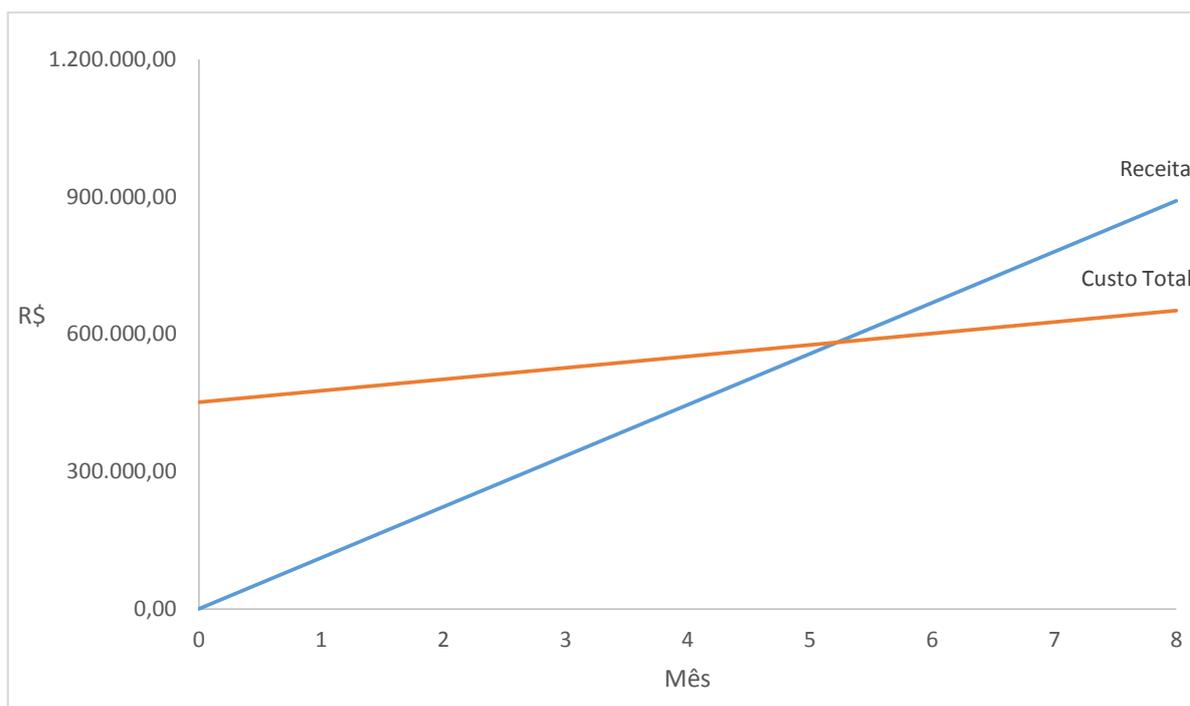
Para este empreendimento foi verificado que é necessário produzir cerca de 192 pacotes contendo 10g de Lacase, e que estes sejam vendidos ao preço de R\$2.900,00 para que o ponto de equilíbrio seja atingido com valor aproximado de R\$560.000,00 após o terceiro mês de operação, como pode ser verificado na Figura 10. Este valor considera que a empresa de beneficiamento da vinhaça esteja operando a 100% da capacidade produtiva determinada anteriormente, o que torna necessária a verificação para o caso desta capacidade não ser atendida.



**Figura 10** – Ponto de Equilíbrio Financeiro com 100% da Capacidade Produtiva

De modo simplificado, o impacto direto para a não realização de 100% da capacidade produtiva é o atingimento tardio do ponto de equilíbrio, o que pode justificar, em casos mais extremos, a inviabilidade do empreendimento. Para situações ou cenários onde apenas 60% da capacidade produtiva é atingido, como pode ser observado na Figura 11, percebe-se que o ponto de equilíbrio é alcançado apenas após o quinto mês de operação, restando à empresa 7 meses para obter lucros ao término do ano fiscal. Em termos de análise de investimentos, este empreendimento começa a se apresentar pouco atrativo aos possíveis investidores, pois o risco de não se atingir o ponto de equilíbrio é considerável. Em todo caso, este e outros cenários serão analisados com mais profundidade adiante.

Vale ressaltar que os custos variáveis são proporcionalmente impactados por situações onde a capacidade total não é atingida, como é o caso dos impostos que reduzem seu montante em 60% do valor quando 100% da capacidade é atingida.



**Figura 11** - Gráfico do Ponto de Equilíbrio com 60% da Capacidade Produtiva

#### 4.5 Determinação do Capital de Giro e do Investimento Inicial

Toda empresa, nos períodos iniciais de operação, gasta mais recursos no dia a dia do que obtém receitas a partir do fornecimento de seus produtos e/ou serviços. Após algum tempo de operação o faturamento aumenta e a empresa passa a ser autossuficiente financeiramente. Este tempo operacional pode ser dias, semanas ou meses, a depender de diversos fatores como segmento do negócio, tipos de produtos e/ou serviços ofertados, público alvo e etc.

Sendo assim, em estudos de viabilidade faz-se necessário considerar os custos associados ao tempo em que a empresa permanecerá operando sem atingir a autossuficiência financeira. Os recursos destinados a suprir as despesas durante esse período são chamados de Capital de Giro, que deve ser determinado a partir da avaliação de despesas durante determinado período, que normalmente está entre 3 e 5 meses.

Para a análise de viabilidade da empresa de beneficiamento de vinhaça para produção de Lacase, foi considerado um período de 6 meses. Apesar deste período ser superior ao praticado normalmente, será atribuído ao estudo maior segurança, dado que o valor destinado ao capital de giro seria assim superior ao necessário para operacionalizar a empresa. O montante financeiro a ser destinado ao capital de giro deste projeto será de aproximadamente R\$190.000,00. Somando-se o capital de giro com os valores anteriormente abordados de custos

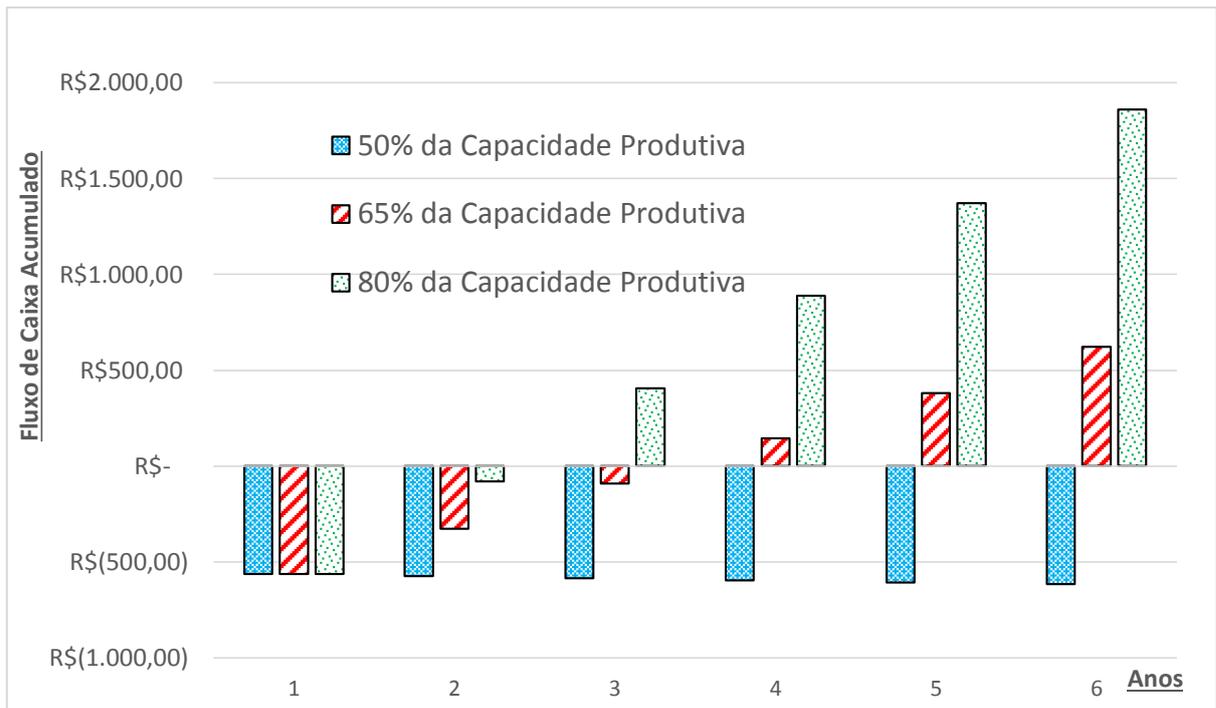
de máquinas e equipamentos, compra ou arrendamento do terreno e construção do imóvel, o custo total de investimento foi estimado em aproximadamente R\$564.000,00.

#### **4.6 Fluxo de Caixa Para 3 Reatores Air-Lift**

O fluxo de caixa é a representação do resultado financeiro da empresa considerando determinado período. Em estudos de viabilidade, o prazo de análise do fluxo gira entre 5 e 10 anos para investimentos de pequeno e médio porte, como é o caso da empresa de beneficiamento da vinhaça em estudo. A partir do fluxo de caixa estimado para o projeto é possível verificar os indicadores financeiros TIR, VPL e *PayBack*. Um fato importante a ser considerado é que, em estudos de viabilidade, toda a produção é vendida, desconsiderando-se possíveis perdas de produtos.

Como abordado anteriormente no tópico 4.4, entende-se que a produção de 100% da capacidade produtiva é uma quantidade consideravelmente alta para qualquer sistema produtivo, dadas as perdas inerentes a qualquer sistema (perdas relacionadas a *setups* produtivos, perdas de matérias primas, e diversos outros desperdícios). Deste modo, para tornar a análise de viabilidade da empresa de beneficiamento da cana-de-açúcar, serão considerados três percentuais de faturamento, considerando as situações: altamente pessimista; pessimista, ultrapassando por pouco o limite para a viabilidade; e uma perspectiva mais provável. Neste sentido, serão simulados os volumes de produção de: 50%, 65%, 80% da capacidade produtiva. A partir destes serão verificados os indicadores financeiros e, conseqüentemente, a viabilidade financeiro do empreendimento.

A Figura 12 apresenta três cenários de faturamento. O primeiro cenário a ser analisado será altamente pessimista, onde simula-se um volume de produção que é inferior ao necessário para manter a empresa em termos financeiros. Neste cenário, onde apenas 50% da capacidade produtiva é alcançada durante cada ano analisado, como pode ser verificado na Figura 12, observa-se que o fluxo de caixa acumulado continua negativo ao longo de todo o período em análise. Isto significa que a dívida inicialmente considerada como custos de investimento e capital de giro não está sendo liquidada ao longo dos anos, ou seja, não há um ponto de retorno do capital inicialmente investido (*PayBack*). Entretanto ao observar os demais indicadores financeiros, observa-se a impossibilidade de se calcular a TIR para o período, e o VPL acumula-se em um montante negativo de aproximadamente R\$1.180.000,00 ao término de 5 anos.



**Figura 12 - Fluxo de Caixa Acumulado para 3 Reatores**

Como dito anteriormente, em estudos de viabilidade considera-se que o volume produzido deve ser totalmente vendido, mas isto nem sempre acontece na vida real. O cenário para 50% da capacidade produtiva poderia ser justificado com o cenário em que somente a venda do volume de produção estabelecido como 100% da capacidade, não necessariamente a incapacidade de se produzir o que foi preestabelecido. Este tipo de situação é facilmente percebido em produtos inseridos em mercados de ampla concorrência, ou seja, onde existem muitos fornecedores concorrendo entre si pela conquista dos consumidores. Nestes casos os produtos assumem valores muito baixos, ditados pelo próprio mercado, onde aquele que oferta com o menor preço ganha o consumidor.

Para o caso da Lacase, esta situação não se configura. Por ser um produto cuja produção e purificação demanda alto conhecimento e maquinários sofisticados, sua comercialização torna-se restrita mundialmente a poucos fornecedores, ou seja, um mercado caracterizado como monopolista. Neste tipo de mercado o detentor do produto escolhe o valor que cobrará, dada a pouca (ou nenhuma) oferta e a alta procura. Neste caso, tendo em vista estas características do produto em questão, pode-se afirmar que a probabilidade deste cenário ocorrer é muito baixa.

O segundo cenário observado busca apresentar o valor mínimo que a empresa precisa produzir e vender para conseguir atingir o ponto de equilíbrio da viabilidade. Com aproximadamente 65% da capacidade produtiva total sendo atingida, a empresa de

beneficiamento da vinhaça já apresenta uma reta ascendente no gráfico de fluxo de caixa acumulado (Figura 12). Observa-se que em aproximadamente 3,5 anos as barras estão na região positiva do gráfico, demonstrando que o fluxo de caixa acumulado no 4º ano passa a apresentar valores positivos (*PayBack*).

Este cenário deve ser tomado por investidores como basilar para a decisão acerca do empreendimento, pois devem ser feitos estudos e análises que demonstrem uma previsão de demanda, no mínimo, superior a este limite considerado como mínimo para a sobrevivência da empresa. Dada a importância da enzima Lacase para a biotecnologia industrial e seu crescente uso em aplicações industriais, estima-se que a demanda para este insumo tende a ser inicialmente alta, reduzindo também as probabilidades deste cenário se concretizar.

Ainda assim, para uma produção/venda de apenas 65% da capacidade produtiva, estima-se uma TIR de aproximadamente 4%. Caso o investidor tenha como taxa mínima de atratividade o rendimento da caderneta de poupança (aproximadamente 0,4% ao mês), este projeto apresentar-se-ia viável, pois o retorno do investimento é maior que o da poupança. Todavia, em análises de viabilidade, a taxa mínima de atratividade gira entre 15 e 20%, logo, por este indicador financeiro, e considerando o cenário em questão, este projeto mostra-se inviável.

O VPL para o cenário de 65% da capacidade produtiva apresenta um valor de aproximadamente R\$60.000,00 ao término de 5 anos. Em teoria, qualquer investimento que retorne um VPL positivo mostra-se viável, cabendo ao investidor avaliar se este retorno é atrativo ou não. Para um investimento inicial de aproximadamente R\$565.000,00 retornar em 5 anos apenas este valor, naturalmente será considerado inviável pelos investidores. Além do baixo retorno sobre o capital investido, as poucas receitas apresentadas neste cenário indicam alta probabilidade do empreendimento não ser capaz de se tornar autossuficiente.

Por fim, para um cenário mais realista, considerou-se que 80% da capacidade produtiva seria alcançada, e neste caso, nota-se expressivo aumento da perspectiva de viabilidade, pois, como pode ser observado na Figura 12, o retorno financeiro do capital investido (*PayBack*) já é alcançado logo após o término do primeiro ano de operação. Investimentos com um retorno financeiro tão rápido são muito atrativos para investidores, sobretudo pelos baixos riscos associados ao empreendimento.

Além do rápido retorno, foi constatada uma TIR de aproximadamente 70% sobre o valor investido, muito acima da taxa de juros da caderneta de poupança (aproximadamente 0,4%), da taxa Selic do Brasil (6,5%) e das taxas mínimas de atratividades normalmente adotadas em projetos de viabilidade (entre 15 e 20%), mostrando o projeto altamente promissor em termos de rentabilidade. A mesma viabilidade se observa com o VPL, que neste cenário apresenta

valores de aproximadamente R\$ 1.296.000,00 ao término dos 5 anos de análise, valor superior ao dobro do investimento inicial.

Após apresentados estes cenários simulados, a viabilidade da implementação de uma empresa de beneficiamento da vinhaça de cana-de-açúcar para a produção da enzima Lacase se mostra positivo. Apesar de, neste momento, apenas um dos três cenários ser visto como viável, ou seja, uma produção e venda próxima de 80% da capacidade produtiva inicialmente estabelecida, ressalta-se que este estudo foi produzido com o intuito de explorar os limites mínimos da viabilidade econômica deste empreendimento. Em outras palavras, por existir grandes expectativas por parte dos produtores deste trabalho em relação à viabilidade deste empreendimento, a menor capacidade produtiva possível para demonstrar essa viabilidade foi selecionada e trabalhada ao longo deste estudo. Para ilustrar uma situação mais realista, foi proposta uma análise para o caso de se utilizar quatro reatores para produção da Lacase, ao invés de três, como trabalhado até o momento.

Tabelas com o fluxo de caixa para os três cenários estão disponíveis nos Apêndices I, II e III deste trabalho.

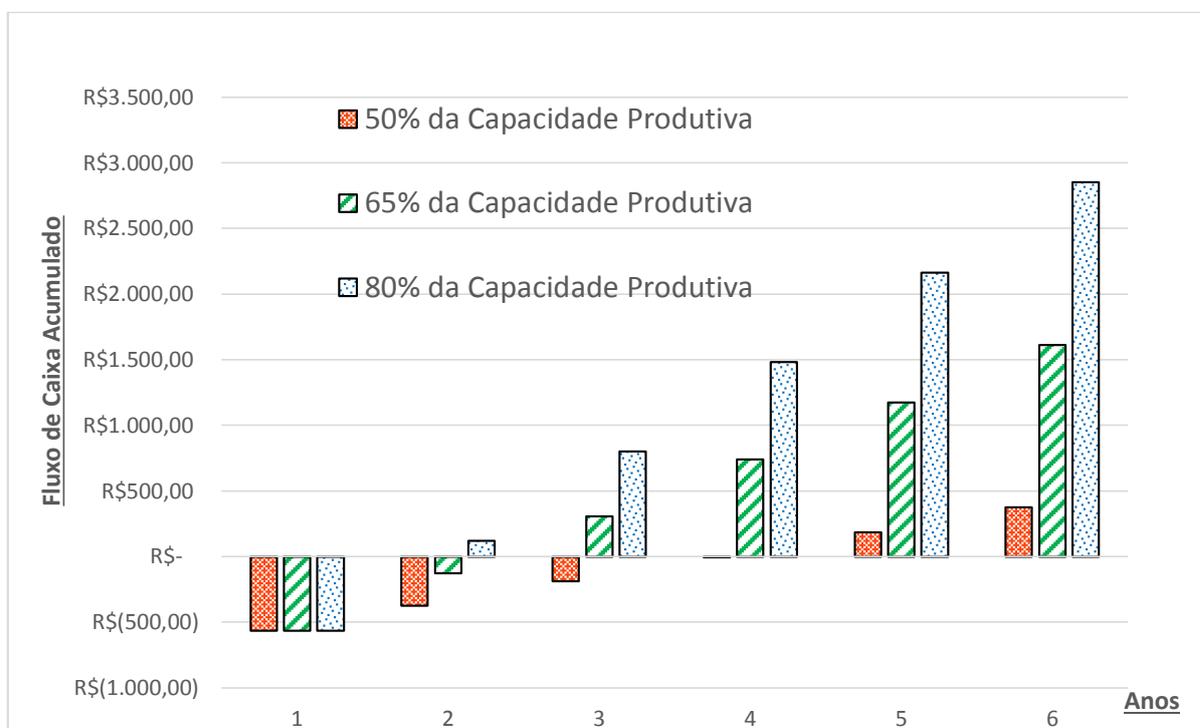
#### **4.7 Fluxo de Caixa Para 4 Reatores Air-Lift**

Considerando-se uma empresa de beneficiamento de vinhaça com a utilização de 4 reatores *air-lift* com as mesmas especificações daqueles utilizados até o momento, notar-se-ia uma elevação inicial no custo de investimento de aproximadamente R\$4.500,00. Os custos variáveis serão influenciados na mesma proporção da receita bruta, já que ambos estão diretamente ligados ao volume produzido. A receita bruta estimada para o projeto seria de aproximadamente R\$2.228.000,00, o que representa cerca de 33% de acréscimo sobre o valor obtido a partir de 3 reatores semelhantes.

A Figura 13 demonstra o fluxo de caixa acumulado para 4 reatores *Air-Lift* para os mesmos percentuais da capacidade produtiva anteriormente apresentados: 50, 65 e 80% da capacidade total. Inicialmente já se percebe que nenhum dos cenários é altamente pessimista, dado que, em todos eles, nota-se a mudança da região negativa para a positiva do gráfico, o que significa que todos apresentam *PayBack* sobre o capital inicialmente investido.

Para o cenário onde apenas 50% da capacidade produtiva é obtido, o qual pode ser considerado como o pessimista, a TIR apresentada é de 2% negativos e o VPL de aproximadamente R\$18.000,00, também negativos. Neste caso, mesmo apresentando *PayBack* após aproximadamente 3,5 anos de operação, o empreendimento apresenta-se inviável, pelos demais indicadores financeiros.

Para a situação onde 65% da capacidade produtiva é alcançada, o retorno financeiro do investimento acontece logo após o término do segundo ano de operação. Já a TIR apresentada é de expressivos 85% sobre o investimento inicial, enquanto que o VPL é de aproximadamente R\$1.630.000,00 ao término dos 5 anos de operação, que representa aproximadamente 26 vezes o montante apresentado no cenário com 3 reatores.



**Figura 13 - Fluxo de Caixa Acumulado Para 4 Reatores**

Por fim, para o caso de 80% da capacidade produtiva ser obtida, o retorno financeiro acontece durante o segundo ano de operação, a TIR associada a este cenário atinge o valor aproximado de 150% sobre o valor investido e o VPL é de aproximadamente R\$3.280.000,00.

Nota-se que o acréscimo de um reator à análise de viabilidade econômica foi suficiente para tornar a simulação da empresa consideravelmente mais atraente. Observando, por exemplo, o VPL do cenário mais otimista, percebe-se que o valor apresentado é aproximadamente 5,8 vezes o valor investido.

#### 4.8 Considerações Finais da Análise de Viabilidade

Alguns fatores acerca desta análise de viabilidade devem ser considerados, os quais reforçam a viabilidade econômica deste investimento, podendo-se citar: a possibilidade de produção de outros produtos, além da Lacase, são produzidos neste processo; o fato de o volume de vinhaça utilizado para 3 e 4 reatores ser muito inferior ao produzido pelas empresas de

beneficiamento da cana-de-açúcar; e o custo unitário da Lacase para o processo analisado ser relativamente alto.

Durante a etapa de levantamento de informações sobre o processo de produção da Lacase a partir do fungo *P. sajor-caju*, foi verificado que são produzidas outras enzimas, como é o caso da enzima *Manganês-peroxidase*, que também possui um significativo valor agregado de R\$1.146,00 para pacotes de 10g (aproximadamente 25% do valor da Lacase), valor este verificados junto à Sigma, assim como para a Lacase. Outro produto também verificado neste processo produtivo é a produção de material orgânico comestível, utilizado amplamente como ração animal.

Estes produtos foram intencionalmente retirados da análise de viabilidade econômica pois o processo produtivo analisado neste trabalho tinha como objetivo principal a produção da Lacase a partir da vinhaça de cana-de-açúcar, o que possibilitou maior disponibilidade de informações. Todavia, a partir da determinação dos volumes de cada um destes produtos, é possível a reavaliação da viabilidade econômica, sendo que este fator somente adiciona ao empreendimento características mais otimistas acerca de sua viabilidade.

Outro fator importante a ser analisado é o volume de vinhaça utilizado neste estudo de viabilidade. Para um processo com 4 reatores são processados anualmente um volume aproximado de 2200 L. Este é um valor irrisório diante dos volumes produzidos pelas empresas que beneficiam a cana-de-açúcar, como apresentado no tópico 2.3. Isto significa que este processo poderia ser ampliado muitas vezes aumentando-se o número ou o volume dos reatores (resguardadas as particularidades inerentes à variação do volume do reator sobre a produção da enzima).

O processo produtivo tomado como base para este estudo de viabilidade proporcionou um custo unitário de aproximadamente R\$190,00, considerando o uso de 3 reatores com um volume produtivo de 48 pacotes com 10g por mês. Na literatura são apresentados processos produtivos da enzima Lacase com custos significativamente maiores, como são os casos apresentados por Osma et al (2011) e Pezzella et al (2017). Como abordado anteriormente, os trabalhos supracitados não apresentam em suas metodologias a consideração de todos os custos fixos, variáveis e de investimento para a implementação de um processo produtivo, mas sim, consideram os custos diretos e, no caso da Pezzella et al (2017), o custo dos equipamentos utilizados na produção da enzima.

No caso deste estudo de viabilidade econômica, considerando-se o preço de venda de R\$2.900,00 para o pacote de 10g da enzima, a margem de contribuição do produto é de R\$2.710,00. Todas as considerações sobre a viabilidade deste processo foram apresentados

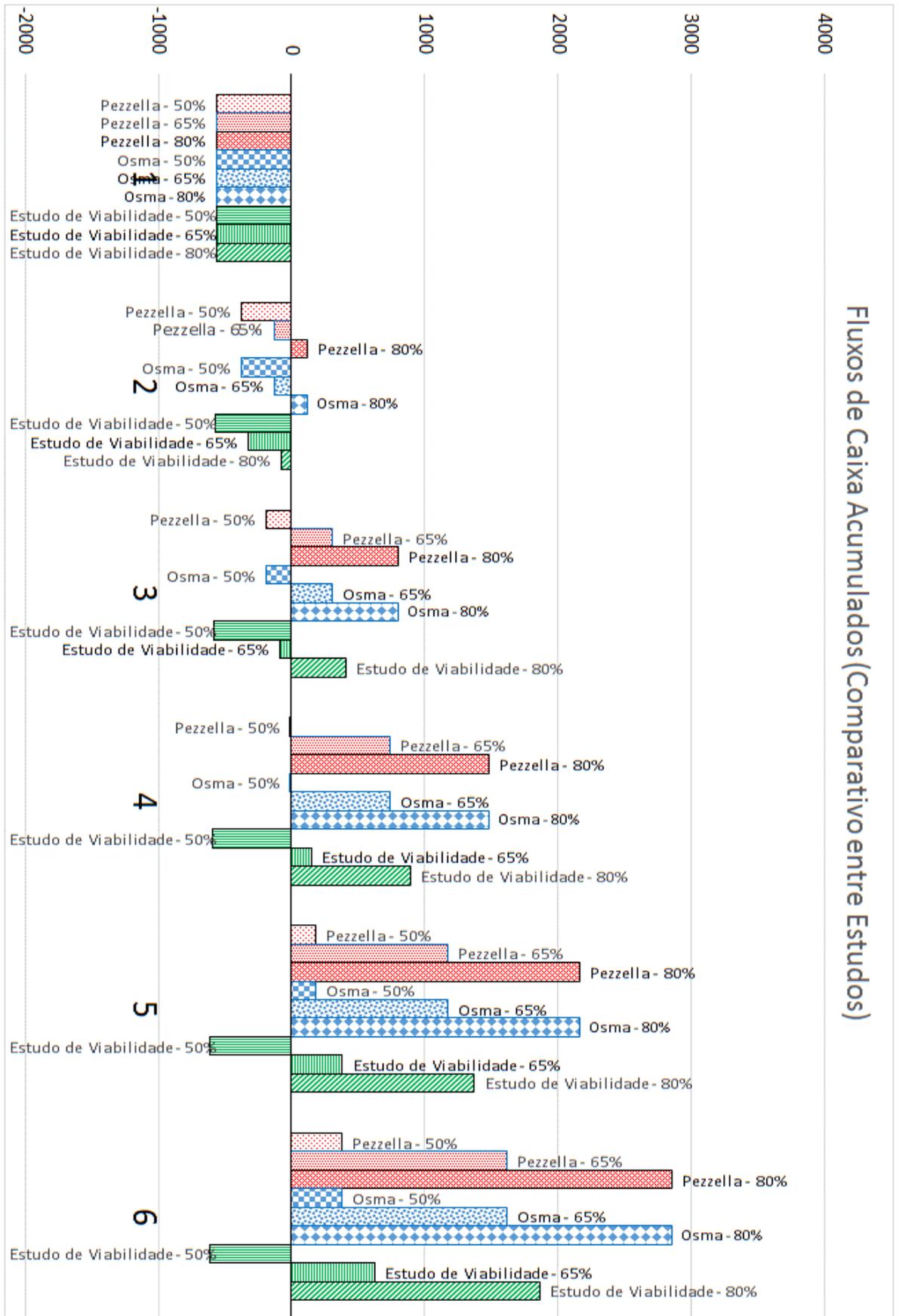
anteriormente. Todavia, Osma et al (2011) apresenta um custo médio de aproximadamente R\$0,19 por grama, considerando no respectivo estudo os 20 processos produtivos com produto mais baratos (Anexo A). Considerando também que este seja o valor do custo variável unitário para a enzima, e adicionando a margem de contribuição às simulações de viabilidade, observa-se cenários altamente promissores. Outro trabalho discutido anteriormente aborda a produção da Lacase utilizando fungos modificados geneticamente, que obtiveram um custo unitário de produção de aproximadamente R\$0,002.

Utilizando os mesmos percentuais de capacidade produtiva anteriormente apresentados para a implantação da empresa de beneficiamento da Lacase com 3 reatores, e utilizando os parâmetros de custo variável unitário de produção apresentados por Osma et al (2011) e Pezzella et al (2017), pôde se perceber que o processo apresenta-se com viabilidade mais facilmente alcançada, como pode ser observado na Figura 14.

Para o caso onde 50% da capacidade é atingida, tanto para os valores de Osma et al (2011) como para os valores apresentados por Pezzella (2017), observa-se que o retorno do investimento acontece após o início do quarto ano de operações, como visto na Figura 14, que apresenta uma comparação entre avaliações de viabilidade. A mesma situação é observada quando verificada a TIR 16% e um VPL de aproximadamente R\$190.000,00, ambos negativos. Ou seja, com este nível de faturamento o projeto apresenta-se inviável. Todavia, observa-se que os indicadores são muito melhores que aqueles apresentados neste estudo de caso (tópico 4.6 – Fluxo de Caixa para 3 Reatores), que para o mesmo nível de faturamento, não apresentou retorno do capital.

Comparando os valores destes autores para os demais cenários (65 e 80% da capacidade produtiva), observa-se que os indicadores apresentam variações muito pequenas. Para 65%, a TIR é de 85% e o VPL é de aproximadamente R\$1.050.000,00, e para 89% verifica-se uma TIR de 187% e VPL de aproximadamente R\$2.290.000,00. Esta pequena variação se dá pelo fato de que as margem de contribuição são muito próximas, ao passo em que são muito diferentes da margem de contribuição utilizada neste estudo de viabilidade.

Este comparativo serve para analisar que utilizando-se outros métodos de produção podem ser obtidos, por meio de simulações, cenários ainda mais promissores, apesar do projeto de implementação da empresa de beneficiamento da vinhaça ter se mostrado viável.



**Figura 14** - Comparação entre Fluxos de Caixa Acumulados – Estudo de Caso, Osma et al(2011) e Pezzella et al (2017)

### 5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram realizadas simulações acerca da viabilidade econômica da implementação de uma unidade produção da enzima Lacase a partir da vinhaça de cana-de-açúcar proveniente dos processos de produção de etanol e açúcar. Para isto foi feita a análise de um processo produtivo em escala laboratorial utilizando reatores do tipo *Air-lift* com volume aproximado de 6L e o fungo *P. sajor-caju*, sob condições específicas de temperatura e pH, o que resultou na constatação de determinada capacidade produtiva.

As simulações de viabilidade foram realizadas pra uma empresa de micro e/ou pequeno porte, utilizando 3 reatores inicialmente, para os quais foram estabelecidos e verificados 3 cenários: o primeiro foi considerado altamente pessimista, com 50% da capacidade produtiva sendo vendida; o segundo ainda pessimista, com 65%; e o terceiro utilizando uma perspectiva mais provável, vendendo-se 80% da capacidade.

A simulação do primeiro cenário, onde apenas 50% da produção é comercializada, verificou-se uma total inviabilidade neste empreendimento. Todavia, uma situação onde somente este volume é comercializado foi descartada, dado o preço de venda que se pretende praticar, a qualidade do produto que espera-se a partir deste processo e da crescente demanda de mercado para esta enzima. Ainda assim, entendeu-se ser necessária a apresentação de um cenário altamente pessimista para que fossem observados os reflexos financeiros gerados a partir desta situação.

Ainda neste intuito, foi realizada a simulação para um volume de venda melhor que o primeiro, porém, ainda pessimista. Com 65% da capacidade sendo comercializada, pôde-se observar que a empresa funcionaria nos limites mínimos da viabilidade, de modo que o retorno de investimento ocorre, porém, com ganhos na TIR e VPL muito abaixo do que se considera atrativo por investidores.

Por fim foi verificado o cenário com 85% da capacidade produtiva sendo vendida, para o qual o projeto apresentou consideráveis melhorias em sua viabilidade apresentados pelos 3 indicadores financeiros utilizados nestes estudo. O VPL neste cenário foi de aproximadamente R\$1.700.000,00 ao término dos 5 anos de análise, sendo a TIR de 88%, com retorno do investimento antes da conclusão do primeiro ano de operações.

Em um segundo momento foram feitas simulações utilizando 4 reatores, de modo que foi possível constatar que o cenário mais pessimista, a 50% da capacidade produtiva sendo vendida, o empreendimento funcionaria nos limites mínimos de viabilidade, o que reforça ainda mais a perspectiva de viabilidade para esta empresa.

Contudo, o volume de vinhaça utilizado para 4 reatores é muito inferior ao produzido pelas empresas de beneficiamento de cana-de-açúcar, o que configura uma situação ainda mais promissora. Visto que seria necessário uma quantidade de reatores muito superior ao apresentado neste trabalho, e que a cada reator adicionado ao simulador os cenários de viabilidade econômica se mostram mais atrativos, pode-se concluir que este empreendimento é absolutamente viável, tanto para a perspectiva de empresas que desejam adicionar este processo como uma etapa final de tratamento de resíduos em processo produtivo principal, quanto para investidores que desejam oferecer às empresas beneficiadoras da cana-de-açúcar uma alternativa para a destinação da vinhaça produzida.

### 6. BIBLIOGRAFIA

- ABE, M., TROILO, M., & BATSAIKHAN, O. Financing small and medium enterprises in Asia and the pacific. *Journal of European Public Policy*, 2015.
- ABE, M., TROILO, M., JUNEJA, J. S., & NARAIN, S. Policy guidebook for SME development in Asia and the pacific. *UN-ESCAP*, 2012.
- AGUIAR, M.; FERREIRA, L.; MONTEIRO, R. Use of Vinasse and Sugarcane Bagasse for the Production of Enzymes by Lignocellulolytic Fungi. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 2010.
- APARICIO, J.D.; BENILEMI, C.S.; ALMEIDA; C.A.; POLTI, M.A.; COLIN, V.L. Integral use of sugarcane vinasse for biomass production of Actinobacteria: Potential application in soil remediation. *Chemosphere*, 2017.
- ARAGÃO, M.S. Tratamento da Vinhaça com *Pleurotus sajor-caju* CCB 020 em Testes de Bancada e Biorreatores Air-Lift. *Universidade Tiradentes – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial*, 2012.
- ASSAF NETO, A. Finanças corporativas e valor. São Paulo: *Atlas*, 2003. p. 824.
- BARROS, V.G.; DUDA, R.M.; VANTINI, J.S.; OMORI, W.P.; FERRO, M.I. Tiraboschi; OLIVEIRA, Roberto Alves de. Improved methane production from sugarcane vinasse with filter cake in thermophilic UASB reactors, with predominance of Methanothermobacter and Methanosarcina archaea and Thermotogae bactéria. *Bioresource Tecnology*, 2017.
- BELHADJ, S., KAROUACH, F., EL BARI, H., JOUTE, Y. The biogas production from mesophilic anaerobic digestion of vinasse, *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 2013.
- BREALEY, R. A., Myers, S. C., & Marcus, A. J. Fundamentals of corporate finance (7th ed.). New York: *McGraw Hill*, 2012.
- CALDWELL, J. 2007. Fueling a new farm economy: Creating incentives for biofuels in agriculture and trade policy. *Center for American Progress, Washington, DC*. Disponível

em: [http://www.americanprogress.org/issues/2007/01/pdf/farm\\_economy.pdf](http://www.americanprogress.org/issues/2007/01/pdf/farm_economy.pdf)  
(verificado em 26 março de 2018)

CALEGARI, R.P. Produção de Biogás a partir de Vinhaça Concentrada. Unviersidade de São Paulo – Escolha Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2017. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11138/tde-09082017-153551/pt-br.php>. Acessado em 05/2018.

CAMARASA, E.; CARVALHO, E.; MELEIRO, L.A.C.; MACIEL FILHO, R.; DOMINGUES, A.; WILD, G.; PONCIN, S.; MIDOUX, N.; BOUILLARD, J. A hydrodynamic model for *air-lift* reactors. *Chemical Engineering and Processing*, 40, p. 121–128, 2001.

CHAZARRA, M.; PÉREZ-DÍAZA, J. I.; GARCÍA-CONZÁLEZB, J.; PRAUSE, R. Economic viability of pumped-storage power plants participating in the secondary regulation servisse. *Applied Energy*, 2018.

COLIN, V.L., JUÁREZ, C.A.A., APARÍCIO, J.D., AMOROSO, M.J. Potential application of a bioemulsifier-producing actinobacterium for treatment of vinasse. *Chemosphere*, 2016

CONAB. Cana-de-açúcar tem queda de 3,6% e fecha safra 2017/18 em 633,26 milhões de t. 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2327-cana-de-acucar-tem-queda-de-3-6-e-fecha-safra-2017-18-em-633-26-milhoes-de-t>. Acessado em 05/2018.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-Açúcar. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17\\_12\\_19\\_09\\_10\\_11\\_cana\\_dezembro.pdf](https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_12_19_09_10_11_cana_dezembro.pdf). Acessado em 05/2018

DHAVALÉ, D.G.; SARKIS, J.S. internal rate of return on investments in sustainable assets generating carbon credits. *Computers and Operations Research*, 2017.

DURÃO, V., E., ANDRIETTA, M.G.S., ANDRIETTA, S.R. Yeast biomass production: a new approach in glucose-limited feeding strategy. *Brazil Journal of Microbiology*, 2013.

ELIA NETO, A.; SHINTAKU, A.; PIO, A.A.B.; CONDE, A.J.; FRANCESCO, F.; & DONZELLI, J.L. Manual de Conservação e Reúso de Água na Agroindústria Sucroenergética. ANA – Agência Nacional de Águas; FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, UNICA – União da Indústria da Cana-de-Açúcar; e CTC – Centro de Tecnologia Canavieira, 2009.

- EMBRAPA. ÁRVORE DO CONHECIMENTO - Cana-de-Açúcar. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_108\\_22122006154\\_841.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_108_22122006154_841.html). Acessado em 05/2018.
- ESPAÑA-GAMBOA, E.I.; MIJANGOS-CORTÉS, J.O.; HERBÁNDEZ-ZÁRATE, G.; MALDONADO, J.A.D.; ALZATE-GAVIRIA, L. M. Methane production by treating vinasses from hydrous ethanol using a modified UASB reactor. *Biotechnology for Biofuels*, 2012.
- FARIA, K.C.P.; GURGEL, R.F.; HOLANDA, J.N.F. Recycling of sugarcane bagasse ash waste in the production of clay bricks. *Journal of Environmental Management*, 2012.
- FERREIRA, L.F.; AGUIAR, M.; POMPEU, G.; MESSIAS, T.G.; MONTEIRO, R.R.. Selection of vinasse degrading microorganisms. *World J Microbiol Biotechnol*, 2010.
- FERREIRA, L.F.R.; AGUIAR, M.M.; MESSIAS, T.G.; POMPEU, G.B.; LOPEZ, A.M.Q.; SILVA, D.P.; MONTEIRO, R.T. Evaluation of sugar-cane vinasse treated with *Pleurotus sajor-caju* utilizing aquatic organisms as toxicological indicators. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74, p. 132-137, 2011.
- FERREIRA, L. F. R.; LOPEZ, A.M.Q. ; MONTEIRO, R. T. R. ; RUZENE, D. S. ; SILVA, D. P. Biodegradation of vinasse: fungal lignolytic enzymes and their application in the bioethanol industry. *Maria de Lourdes T. M. Polizeli; Mahendra Rai. (Org.). Fungal Enzymes. 1ed. Boca Ranton: Taylor & Francis Group*, p. 65-93, 2013.
- GALHAUP, C; HALTRICH, D. Enhanced formation of laccase activity by the white-rot fungus *Trametes pubescens* in the presence of copper. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2001.
- GARCIA-BARBERENA, J.; MONREAL, A.; SANCHEZ, M.. The BEPE e Break-Even Price of Energy: A financial figure of merit for renewable energy projects. *Renewable Energy*, 71, 584-588, 2014.
- GURGEL, M.N.A. Tecnologia para aproveitamento de resíduos da agroindústria sucroalcooleira como biofertilizante organomineral granulado. Tese de Doutorado (Universidade Estadual de Campinas / Faculdade de Engenharia Agrícola). Campinas: SP, 2012.

- SATYANARAYANA, K.G.; GUIMARÃES, J.L.; WYPYCH, F. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part I: Sources, production, morphology, properties and applications, *Composites Part A*, 2007.
- INPI. Indicadores de Propriedade Industrial 2017. Disponível no site: [http://www.inpi.gov.br/sobre/estatisticas/arquivos/pagina-inicial/indicadores-de-propriedade-industrial-2017\\_versao\\_portal.pdf](http://www.inpi.gov.br/sobre/estatisticas/arquivos/pagina-inicial/indicadores-de-propriedade-industrial-2017_versao_portal.pdf). Acessado em 05/2018.
- LEE, J.; LIM, C.; KIM, G.; MARKANDYA, A.; CHOWDHURY, S.; KIM, S.; LEE, W.; SON, Y.. Economic viability of the national-scale forestation program: The case of success in the Republic of Korea. *Ecosystem Services*, 2018.
- LEI Nº 11.638, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2007.
- MAINARDI, P.H.; FEITOSA, V.A.; PAIVA, L.B.B.; BONUGLI, R.C.; SQUINA, S.F.M.; PESSOA, A.; SETTE, L. D. Laccase production in bioreactor scale under saline condition by the marine-derived basidiomycete *Peniophora*. *Fungal Biology*, 2018.
- MASRI, H.; ABDULLA, Y.; A multiple objective stochastic programming model for working capital management. *Technological Forecasting & Social Change*, 2018.
- MELLICHAMP, D.A. Internal Rate of Return: Good and Bad Features, and a New Way of Interpreting the Historic Measure. *Computers and Chemical Engineering*, 2017.
- MIR-TUTUSAUS, J.A.; BACCAR, R.; CAMINAL, GLÒ.; SARRÀ, M. Can white-rot fungi be a real wastewater treatment alternative for organic micropollutants removal? *A review, Water Research*, 2018.
- MONTEIRO, S.N.; LOPES, F.P.D.; BARBOSA, A.P.; BEVITORI, A.B.; SILVA, I.L.A.; COSTA, L.L. Natural Lignocellulosic Fibers as Engineering Materials - An Overview, *Metallurgical and Materials Transactions A*, 2011.
- MOREIRA, S.; MILAGRES, A.F.; MUSSATTO, S.I. Reactive dyes and textile effluent decolorization by a mediator system of salt-tolerant laccase from *Peniophora cinérea*. *Separation and Purification Technology*. 2014.
- MROZIK, A., PJOTROWSKA-SEGET, Z. Bioaugmentation as a strategy for cleaning up of soils contaminated with aromatic compounds. *Microbiology Resource*, 2010.
- RAVINDRANATH, N.H.; BALACHANDRA, P.; DASAPPA, S.; USHA, R.K. Bioenergy technologies for carbon abatement. *Biomass and Bioenergy*, 2006.

- NASS, L.L.; PEREIRA, P.A.A.; ELLIS, D.. Biofuels in Brazil: An Overview. *CROP SCIENCE*, 2007.
- NETO, S.A.; ZIMBARDI, A.L.R.L; CARDOSO, F.P.; CREPALDI, L.B.; MINTEER, S.D.; JORGE, J.A.; FURRIEL, R.P.M.; ANDRAD, A.R. Potential application of laccase from *Pycnoporus sanguineus* in methanol/O<sub>2</sub> biofuel cells . *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 2015.
- OLSHANSKY, Y.; MASAPHY, S.; ROOT, R.A.; RYTWO, G. Immobilization of *Rhus vernicifera* laccase on sepiolite; effect of chitosan and copper modification on laccase adsorption and activity. *Applied Clay Science*, 2018.
- OMETTO, A.R.; HAUSCHILD, M.Z.; ROMA, W.N.L.; Lifecycle assessment of fuel ethanol from sugarcane in Brazil. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 2009.
- OSMA, J.F.; HERRERA, J.L.T.; COUTO, S.R. Application to synthetic dye decolouration. *Dyes and Pigments*. 2007
- OSMA, J.F.; TOCA-HERRERA, J.L; RODRÍGUEZ-COUTO, S. Cost analysis in laccase production. *Journal of Environmental Management*, 2011.
- PERCOCO, M.; BORGONOVO, E.. A note on the sensitivity analysis of the internal rate of return. *International Journal of Production Economics*, 2012.
- PEZZELLA, C.; GIACOBELLI, V.G.; LETTERA, V.; OLIVIERI, G. A step forward in laccase exploitation: recombinant production and evaluation of techno-economic feasibility of the process. *Journal of Biotechnology*, 2017.
- ROBLES-GONZÁLEZ, V.; GALÍNDEZ-MAYER , J.; RINDERKNECHT-SEIJAS, N.; POGGI-VARALDOC, H.M. Treatment of mezcal vinasses: A review. *Journal of Biotechnology*, 2012.
- RODRÍGUEZ, E.; PICKARD, M.A.; VAZQUEZ-DUHALT, R. Industrial dye decolorization by laccases from ligninolytic fungi. *Current Microbiology*, 1999.
- RODRÍGUEZ, S.; FERNÁNDEZ, M.; BERMÚDEZ, R.C.; MORRIS, H.J. Tratamiento de efluentes industriales coloreados con *Pleurotus* spp. *Revista Iberoamericana de Micología*, 2003.

- RUDORFF, B.F.T.; AGUIAR, D.A.; SILVA, W.F.; SUGAWARA, L.M., ADAMI, M.; MOREIRA, M.A.. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. *Remote Sensing*, 2010.
- SATYANARAYANA, K.G.; GUIMARÃES; J.L.; WYPYCH, F. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part I: Sources, production, morphology, properties and applications. *Composites Part A*, 2007.
- SCHMIDELL, W.; LIMA, U.A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. Biotecnologia Industrial. *Edgard Blücher Ltda - Vol. II*, 2001.
- SCHUHBAUER, A.; SUMAILA, U. R. Economic viability and small-scale fisheries — A review. *Ecological Economics*, 2016.
- SHETH, Khushboo. Top Sugarcane Producing Countries - Brazil outperforms its next 6 closest competitors combined!. *World Atlas*, 2017. Disponível no site: <https://www.worldatlas.com/articles/top-sugarcane-producing-countries.html>. Acessado em 12/05/2018.
- SILVA<sup>A</sup>, A.P.M.; BONO, J.A.M.; PEREIRA, F.A.R. Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2013.
- SILVA, H.J.T.; Estudo da viabilidade econômico-financeira da indústria de citros: impactos da criação de um conselho setorial. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2016.
- SILVA<sup>B</sup>, M.A S.; KLIEMANN, H.J.; BORGES, A.; MADARI, B.E., BERGE, J.D., GONÇALVES, J.M. Effects of vinasse irrigation on effluent ionic concentration in Brazilian Oxisols. *African Journal of Agricultural Research*, 2013.
- SLACK, N.; JOHNSTON, R. Administração de Produção. 4º Ed. *Atlas*, 2014
- SYDNEY, E.B.; NOVAK, A.C.; ROSA, D.; MEDEIROS, A.B.P.; BRAR, S.K.; LARROCHE, C.; SOCCOL, C.R. Screening and bioprospecting of anaerobic consortia for biohydrogen and volatile fatty acid production in a vinasse based medium through dark fermentation. *Process Biochemistry*, 2018.
- TAPIA-TUSSELL, R., PÉREZ-BRITO, D., TORRES-CALZADA, C., CORTÉS-VELÁZQUEZ, A., ALZATE-GAVIRIA, L., CHABLÉ-VILLACÍS, R., SOLÍS-

- PEREIRA, S. Laccase gene expression and vinasse biodegradation by *Trametes hirsuta* Strain Bm-2. *Molecules*, 2015.
- THURSTON, C.F. The structure and function of fungal laccases. *Microbiology*, 1994.
- VALENTI, W.C.; KIMPARA, J.M.; PRETO, B.L.; MORAES-VALENTI, P. Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. *Ecological Indicators*, 2018.
- VILAR, D.S.; CARVALHO, G.O.; PUPO, M.M.S.; AGUIAR, M.M.; TORRES, N.H.; AMÉRICO, J.H.P.; CAVALCANTI, E.B.; EGUILUZ, K.I.B.; SALAZAR-BANDA, G.R.; LEITE, M.S.; FERREIRA, L.F.R. Vinasse degradation using *Pleurotus sajor-caju* in a combined biological – electrochemical oxidation treatment, Separation and Purification. *Technology*, 2018.
- WANG, T.; XIANG, Y.; LIU, X.; CHEN, W.; HU, Y. A novel fluorimetric method for laccase activities measurement using Amplex Red as substrate. *Talanta*, 2017.
- WATANABE, M., Indústria de transformação tem maior carga tributária, aponta levantamento. *Valor Econômico*. 2018. Disponível em: <https://www.valor.com.br/brasil/5262345/industria-de-transformacao-tem-maior-carga-tributaria-aponta-levantamento>.
- ŽIŽLAVSKÝA, O. Net present value approach: method for economic assessment of innovation projects. *Social and Behavioral Sciences*, 2014.
- ZORE, Z.; CUCEK, L.; SIROVNIK, D.; PINTARIC, Z.N.; KRAVANJA, Z.; Maximizing the Sustainability Net Present Value of Renewable Energy Supply Networks. *Chemical Engineering Research and Design*, 2018.

## ANEXO A

<b>Culture medium (carbon source, support and/or inducer)</b>	<b>Final price [cent Euros/U]</b>
<b>1</b> Tray bioreactor þ Cu 2þ þ tannic Ac. (added 3rd day)	0,04000
<b>2</b> Tray bioreactor þ Cu2þ þ tannic Ac. (added 0 day)	0,05000
<b>3</b> SS þ Cu2þ þ tannic Ac. (added 3rd day)	0,08000
<b>4</b> SS þ Cu2þ þ xylidine (added 3rd and 7th day)	0,08000
<b>5</b> SS þ 0.5 mM Cu2þ	0,09000
<b>6</b> SS þ 0.3 mM Cu2þ	0,10000
<b>7</b> SS þ Cu2þ þ tannic Ac. (added 3rd and 7th day)	0,11000
<b>8</b> SS þ 2% v/v coconut oil	0,12000
<b>9</b> SS þ 0.1 mM Cu2þ	0,13000
<b>10</b> SS þ Cu2þ þ xylidine (added 3rd day)	0,13000
<b>11</b> SS þ 1 mM Xylidine	0,19000
<b>12</b> SS þ 1% v/v coconut oil	0,20000
<b>13</b> SS þ 25 mM Tannic acid	0,22000
<b>14</b> SS þ Soy oil 1% (v/v)	0,23000
<b>15</b> SS þ Soy oil 2% (v/v)	0,23000
<b>16</b> SS þ 50 mM Tannic acid	0,23000
<b>17</b> Tray bioreactor	0,24000
<b>18</b> SS	0,30000
<b>19</b> G10-M45-Y10	0,48000
<b>20</b> G20-M15-Y20	0,57000
<b>Average Price</b>	<b>0,19100</b>

Fonte: Adaptado de Orma (2011)

## Apêndice I– Fluxo de Caixa a 50% da Capacidade Produtiva para 3 Reatores

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Fixo (Equipamento e Obras - R\$)	-373.384,50					
Capital de Giro (R\$)	-204.479,65					
Receito Operacional (R\$)		835.200,00	835.200,00	835.200,00	835.200,00	835.200,00
Custos de Produção Totais (R\$)		- 868.147,92	- 868.147,92	- 868.147,92	- 868.147,92	- 868.147,92
Lucro Bruto (R\$)		- 32.947,92	- 32.947,92	- 32.947,92	- 32.947,92	- 32.947,92
Parcela do Financiamento (R\$)		- 104.183,79	- 104.183,79	- 104.183,79	- 104.183,79	- 104.183,79
Juros Sobre o Financiamento (R\$)		- 42.235,18	- 38.877,29	- 35.351,51	- 31.649,43	- 27.534,36
Lucro Tributável (R\$)		24.580,82	27.938,71	31.464,49	35.166,57	38.718,36
Imposto de Renda (R\$)		- 3.687,12	- 4.190,81	- 4.719,67	- 5.274,99	- 5.857,75
Depreciação (R\$)		37.338,45	37.338,45	37.338,45	37.338,45	37.338,45
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Fluxo de Caixa (R\$)	-577.864,15	- 103.480,39	- 103.984,07	- 104.512,94	- 105.068,25	- 98.935,51
Fluxo de Caixa Acumulado (R\$)	-577.864,15	- 681.344,53	- 785.328,60	- 889.841,54	- 994.909,79	- 1.093.845,30

## Apêndice II– Fluxo de Caixa a 60% da Capacidade Produtiva para 3 Reatores

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Fixo (Equipamento e Obras - R\$)	-373.384,50					
Capital de Giro (R\$)	-204.479,65					
Receito Operacional (R\$)		1.085.760,00	1.085.760,00	1.085.760,00	1.085.760,00	1.085.760,00
Custos de Produção Totais (R\$)		- 868.147,92	- 868.147,92	- 868.147,92	- 868.147,92	- 868.147,92
Lucro Bruto (R\$)		217.612,08	217.612,08	217.612,08	217.612,08	217.612,08
Parcela do Financiamento (R\$)		- 104.183,79	- 104.183,79	- 104.183,79	- 104.183,79	- 104.183,79
Juros Sobre o Financiamento (R\$)		- 42.235,18	- 38.877,29	- 35.351,51	- 31.649,43	- 27.534,36
Lucro Tributável (R\$)		44.625,62	47.983,51	51.509,29	55.211,37	58.926,44
Imposto de Renda (R\$)		- 6.693,84	- 7.197,53	- 7.726,39	- 8.281,71	- 8.857,97
Depreciação (R\$)		37.338,45	37.338,45	37.338,45	37.338,45	37.338,45
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Fluxo de Caixa (R\$)	-577.864,15	144.072,89	143.569,21	143.040,34	142.485,03	141.921,77
Fluxo de Caixa Acumulado (R\$)	-577.864,15	- 433.791,25	- 290.222,04	- 147.181,70	- 4.696,67	143.921,10

### Apêndice III– Fluxo de Caixa a 80% da Capacidade Produtiva para 3 Reatores

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Fixo (Equipamento e Obras - R\$)	-373.384,50					
	-204.479,65					
Capital de Giro (R\$)						
Receito Operacional (R\$)		1.336.320,00	1.336.320,00	1.336.320,00	1.336.320,00	1.336.320,00
Custos de Produção Totais (R\$)		- 868.147,92	- 868.147,92	- 868.147,92	- 868.147,92	- 868.147,92
Lucro Bruto (R\$)		468.172,08	468.172,08	468.172,08	468.172,08	468.172,08
Parcela do Financiamento (R\$)		- 104.183,79	- 104.183,79	- 104.183,79	- 104.183,79	- 104.183,79
Juros Sobre o Financiamento (R\$)		- 42.235,18	- 38.877,29	- 35.351,51	- 31.649,43	- 72.534,36
Lucro Tributável (R\$)		64.670,42	68.028,31	71.554,09	75.256,17	34.371,24
Imposto de Renda (R\$)		- 9.700,56	- 10.204,25	- 10.733,11	- 11.288,43	- 5.155,69
Depreciação (R\$)		37.338,45	37.338,45	37.338,45	37.338,45	37.338,45
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Fluxo de Caixa (R\$)	-577.864,15	391.626,17	391.122,49	390.593,62	390.038,31	396.171,05
Fluxo de Caixa Acumulado (R\$)	-577.864,15	- 186.237,97	204.884,52	595.478,14	985.516,45	1.381.687,50