

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA – EST

CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

LUKAS BRAGA DA SILVA FARIA

**ESTUDO ECONÔMICO SIMPLIFICADO DA IMPLANTAÇÃO DE UMA
INDÚSTRIA DE BIOETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DA
BIOMASSA DE FRUTAS RESIDUAIS DO MERCADO CENTRAL DE MANAUS**

MANAUS

2019

LUKAS BRAGA DA SILVA FARIA

**ESTUDO ECONÔMICO SIMPLIFICADO DA IMPLANTAÇÃO DE UMA
INDÚSTRIA DE BIOETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DA
BIOMASSA DE FRUTAS RESIDUAIS DO MERCADO CENTRAL DE MANAUS**

**Monografia apresentada ao curso de graduação
em engenharia química da escola superior de
tecnologia da universidade do estado do
amazonas, para obtenção do título de bacharel
em engenharia química.**

Orientadora: Profa. Dra. Dania Del Toro Alvarez

MANAUS

2019

LUKAS BRAGA DA SILVA FARIA

**ESTUDO ECONÔMICO SIMPLIFICADO DA IMPLANTAÇÃO DE UMA
INDÚSTRIA DE BIOETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DA
BIOMASSA DE FRUTAS RESIDUAIS DO MERCADO CENTRAL DE MANAUS**

**Monografia de Conclusão de Curso para obtenção do título de Engenheiro, Habilitação
em Engenharia Química – Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Estado do
Amazonas**

Banca Examinadora:

.....
Profa. Dra. Dania Del Toro Alvarez – Orientadora

.....
Prof. João Mário Albuquerque da Silva

.....
Prof. Dra. Margarita Rivera Soto

Manaus, 10 de Junho de 2019.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos aqueles que acreditaram em mim e não mediram esforços para me ajudar e auxiliar durante minha caminhada. Em especial aos meus pais Irene Braga e Miguel Lanna, aos meus irmãos Gabriel Braga e Guilherme e Gustavo Lanna e a minha Orientadora Prof. Dr. Dania Del Toro.

AGRADECIMENTOS

Agradeço sobretudo aos sentimentos de carinho, confiança e amizade depositados em mim por todos aqueles que me cercam e que me ajudaram a chegar até aqui com o sentimento de serviço cumprido, pronto para novas batalhas que virão.

Aos meus pais Irene Braga e Miguel Lanna faço um agradecimento mais que especial por tudo que puderam me proporcionar, pelos incentivos e lições dadas e acima de tudo por todo o amor que nunca me faltou.

Quero agradecer aos meus melhores amigos, companheiros e parceiros de vida, meus irmãos Gabriel Braga e Guilherme e Gustavo Lanna. Obrigado por estarem comigo nos momentos de alegrias e de apertos, de comemorações e frustrações, todos estes momentos me certificaram de estar no caminho certo.

A minha namorada Vitória Lopes, que sempre esteve ao meu lado me apoiando e dando forças nos momentos em que era preciso e por todo o amor que jamais faltou.

Meus amigos e colegas, que juntos buscamos um mesmo objetivo, Gabriel Assis, Johmar Souza, Leandro Marçal, Luana Menezes e Pedro Assis.

Aos professores do curso de Engenharia Química, em especial à Prof.^a Dra. Dania Del Toro, por ter sido uma extraordinária orientadora e por todo apoio que me foi dado.

RESUMO

O ramo de produção de bioetanol de segunda geração, a partir da biomassa de frutas residuais, se encontra em constante crescimento no mundo, porém, somente agora que está ganhando espaço no Brasil, visto que, relativamente, é uma tecnologia nova se for comparada com o mercado de produção de etanol de primeira geração. Com isso, o devido planejamento técnico-econômico se faz necessário para que se possa obter um retorno satisfatório em um novo mercado. Os tipos de equipamentos e proporções de matéria-prima e materiais auxiliares necessária foram obtidos a partir da literatura disponível sobre produção de bioetanol e com todos os valores obtidos se construiu o diagrama de fluxo do processo, seguido do estudo de viabilidade econômico do processo como proposto por Peters e Timmerhaus (1991) e Ulrich (1986). Foi obtido o investimento inicial do projeto (IT), R\$ 63.422,71, o custo de produção (CP), R\$ 163.041,16 e uma receita de vendas por ano (S) de R\$ 179.790,00. Estes valores possibilitaram os indicadores de valor presente líquido (VPL) maior do que 0 em 4 anos, e taxa interna de retorno (TIR), 31,62%, superior a taxa mínima aceitável de rendimento (TMAR) que é de 10%, no presente trabalho, desta forma demonstrando que o projeto proposto é viável economicamente. Finalmente, tendo em vista que o projeto é rentável, foi realizado um estudo econômico da sensibilidade do projeto a falhas, e desta forma verificou-se que para o valor de venda proposto, o projeto é aceito a falhas de 5% no processo, mas para falhas de 10% na produção, já se torna inviável economicamente.

ABSTRACT

The second-generation bioethanol production line, from the biomass of residual fruits, is constantly growing in the world, but only now that it is gaining ground in Brazil, since, relatively, it is a new technology if compared with the first-generation ethanol production market. With this, due technical-economic planning is necessary in order to obtain a satisfactory return in a new market. The types of equipment and proportions of raw material and auxiliary materials required were obtained from the literature available on bioethanol production and with all values obtained if the process flow diagram was constructed, followed by the economic viability study of the process as proposed per por Peters e Timmerhaus (1991) e Ulrich (1986). The initial project investment was obtained (IT), R\$ 63.422,71, the cost of production (CP), R\$ 163.041,16 and a yearly sales revenue (S) de R\$ 179.790,00. These values allowed for net present value (VPL) indicators greater than 0 in 4 years, and internal rate of return (TIR), 31.62%, higher than the minimum acceptable rate of return (TMAR) of 10% in this work, thus demonstrating that the proposed project is economically feasible. Finally, considering that the project is profitable, an economic study of the sensitivity of the project to failures was carried out, and in this way, it was verified that for the proposed sale value, the project is accepted to failures of 5% in the process, but for faults of 10% in production, already becomes economically unfeasible.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comparativo da produção de bioetanol 1G e bioetanol 2G.....	16
Figura 2 - Processo de pré-tratamento.....	17
Figura 3 - Enzimas envolvidas na hidrólise enzimática.	22
Figura 4 - Símbolos de diagrama de fluxo para designação e identificação das correntes.	27
Figura 5 - Funcionamento do Fluxo de Caixa.	32
Figura 6 - Fluxograma do processo proposto.	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens da aplicação processos de pré-tratamento.	18
Tabela 2 - Efeito à estrutura físico-química e composição química da biomassa nos principais pré-tratamentos.	20
Tabela 3 - Comparação das condições e desempenho dos três processos de hidrólise.	21
Tabela 4 - Designação dos equipamentos da planta.	28
Tabela 5 - Indicadores investimento fixo.	29
Tabela 6 - Algoritimo custos diretos.	30
Tabela 7 - Algoritimo custos indiretos.	31
Tabela 8 - Algoritimo Custos Gerais.	31
Tabela 9 - Lista de equipamentos.	34
Tabela 10 - Dados operacionais.	34
Tabela 11 - Custo de equipamentos.	36
Tabela 12 - Investimento Fixo (IF).	37
Tabela 13 - Custo de matéria prima.	38
Tabela 14 - Custo de produção.	39
Tabela 15 - Preços de mercado de etanol 96%.	41
Tabela 16 - Fluxo de caixa para 10 anos.	42
Tabela 17 - Valores de VPL & TIR para valores ótimos.	43
Tabela 18 - Valores de VPL & TIR para valores bons (95% da produção total).	44
Tabela 19 - Valores de VPL & TIR para valores pessimistas (90% da produção total).	44
Tabela 20 - Valores de VPL & TIR para valores otimistas, para R\$ 32,93 (100% da produção total).	46
Tabela 21 - Valores de VPL & TIR para valores bons, para R\$ 32,93 (95% da produção total).	47
Tabela 22 - Valores de VPL & TIR para valores pessimistas, para R\$ 32,93 (90% da produção total).	47

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
CO ₂	Dióxido de carbono
1G	Primeira geração
2G	Segunda geração
3G	Terceira geração
CP	Custo de produção
CD	Custos diretos
CI	Custos indiretos
CG	Custos gerais
CU	Custo unitário
FL	Fluxo líquido
VPL	Valor presente líquido
TMAR	Taxa Mínima de Aceitabilidade
TIR	Taxa interna de retorno
TMA	Taxa mínima de atratividade
IF	Investimento fixo
IO	Investimento operacional
IT	Investimento total

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 ENERGIA RENOVÁVEL	14
2.1.1 Biomassa	14
2.1.2 Biocombustíveis	14
2.2 BIOETANOL	14
2.2.1 Processo de produção do bioetanol 2G	15
2.2.2 Pré-Tratamento da Biomassa	16
2.2.3 Hidrólise	20
2.2.4 Fermentação Etanólica	23
2.2.5 Destilação.....	23
2.3 FLUXOGRAMA	23
2.4 RENDIMENTO.....	24
2.5 ANÁLISE ECONÔMICA	24
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
3.1 FLUXOGRAMA	27
3.2 ANÁLISE ECONÔMICA	28
3.2.1 Investimento total (IT)	28
3.2.1.1 Investimentos fixos (IF).....	29
3.2.1.2 Investimentos Operacionais (IO).....	29
3.2.2 Custo de produção (CP)	30
3.2.2.1 Custo Direto (CD)	30
3.2.2.2 Custo Indireto (CI) & Custo Gerais (CG)	30
3.2.3 Preço de Mercado & Custo Unitário (CU).....	31

3.2.4 Fluxo de Caixa	32
3.2.5 Análise de Rentabilidade (VPL & TIR)	32
3.2.6 Análise de Sensibilidade.....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 FLUXOGRAMA	34
4.2 ANÁLISE ECONÔMICA	35
4.2.1 Investimento total	36
4.2.2 Custo de Produção.....	38
4.2.3 Preço de Mercado & Custo Unitário	41
4.2.4 Análise de Rentabilidade	42
4.2.5 Análise de Sensibilidade.....	44
5 CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

Cerca de 1,3 bilhão de toneladas de alimentos são desperdiçadas anualmente, no mundo (EMBRAPA, 2003). Estima-se que 54% do desperdício de alimentos no mundo se devem a má condições de produção, pós-colheita e armazenagem dos alimentos. E os outros 46% ocorrem nas etapas de processamento, distribuição e consumo são responsáveis. Em consequência à esse desperdício de alimentos, calcula-se que exista um custo de 750 bilhões de dólares todos os anos (FAO, 2013).

No Brasil, o desperdício, não só de alimentos, já faz parte da cultura do povo brasileiro pois diariamente recursos naturais e alimentos, por exemplo, são descartados sem nenhuma perspectiva de retorno. Com isso, perdas econômicas e de abastecimento irreversíveis à população são provocadas (BORGES, 1991). Em Manaus, é avaliado que cerca de 2.862,9 toneladas/mês de alimentos são desperdiçadas nas feiras e mercados manauaras, segundo dados da SEMULSP de 2014 (LACERDA JUNIOR, 2017).

Por meio dos dados citados, é possível observar que há um grande desperdício de alimentos, ou seja, de recursos energéticos, pois esses alimentos residuais, principalmente as frutas, podem ser aproveitados para a produção de energia, a partir da biomassa das mesmas (BENEDETTI, 2009).

De forma geral, o aproveitamento da biomassa ocorre de duas formas: direta, por exemplo, na combustão em caldeiras e como alimentos de porcos e gados, ou de maneira indireta, ou seja, passa por tratamentos antes de ser utilizada, como processos termoquímicos e processos biológicos (CORTEZ, 2008).

Entre os principais benefícios da utilização da biomassa estão (CORTEZ, 2008):

- Baixo custo operacional;
- Facilidade no transporte e armazenamento;
- Reaproveitamento dos resíduos;
- Alta eficiência na produção de energia;
- Fonte de energia renovável;

Uma das aplicabilidades da biomassa é na produção de biocombustíveis, precisamente o etanol. Um caminho seria a utilização da biomassa gerada nos mercados de Manaus, visto que os resíduos orgânicos desses mercados não possuem qualquer espécie de reaproveitamento. Então, a produção de etanol a partir desses resíduos orgânicos é uma forma de agregar valor a um tipo de resíduo que seria descartado e inutilizado.

Portanto, o objetivo deste trabalho consiste em fazer o estudo econômico de um projeto de indústria para a produção de bioetanol de segunda geração a partir de 100kg/batelada de biomassa de frutas residuais, tendo como objetivos específicos:

1. Identificar os equipamentos, tendo em vista as características do processo e as tecnologias existentes no mundo;
2. Estimar os valores do investimento total e custo de produção do processo proposto;
3. Estimar a rentabilidade da tecnologia proposta;
4. Realizar a análise de sensibilidade para o projeto proposto, admitindo-se uma diminuição no volume total de produção de 5% e 10%.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ENERGIA RENOVÁVEL

A designação dada às fontes de energia naturais que podem ser renovadas, ou seja, nunca se esgotam devido à constante regeneração é energia renovável. As fontes de energia renovável poluem pouco ou não chegam a agredir o meio ambiente, pois são consideradas energias limpas, isto é, que são fornecidas pela natureza e sua utilização não contribui para a emissão de gases ou outros materiais tóxicos e prejudiciais ao ambiente (MACEDO, 2008).

2.1.1 Biomassa

Biomassa é toda aquela matéria orgânica, animal ou vegetal, utilizada para produção de energia. Podendo ser obtida através de uma variedade de recursos renováveis, por exemplo, plantas, madeira, resíduos agrícolas, excrementos e até mesmo lixo. Por ser uma fonte de energia renovável, a biomassa é uma alternativa viável para a substituição dos combustíveis fósseis e poluentes, como o petróleo e o carvão, por exemplo (MACEDO, 2008).

A renovação da biomassa ocorre através do ciclo do carbono. A queima de biomassa ou de seus derivados, liberam o CO₂ na atmosfera. Então, as plantas, através da fotossíntese, transformam esse CO₂ em hidratos de carbono, resultando na liberação de oxigênio (HAMELINK, 2005).

2.1.2 Biocombustíveis

Biocombustíveis são aqueles produzidos a partir de resíduos orgânicos vegetais que não sofreram processo de fossilização, e que podem ser usados na combustão interna de motores ou para a geração de energia, de forma a substituir parcialmente e até completamente a utilização dos combustíveis fósseis (NYKO, 2010).

2.2 BIOETANOL

A produção de bioetanol é classificada da seguinte forma: primeira, segunda e terceira geração, o que as diferem é o processo e matéria-prima aplicada. O bioetanol de primeira

geração (1G) é proveniente dos alimentos à base de amido ou ricos em açúcares solúveis, possuindo como desvantagem o uso de grandes porções de terra, produtividade limitada devido às estações do ano, utilização de adubos e agrotóxicos, redução da biodiversidade do solo. No entanto, possui tecnologia desenvolvida e solidificada e o principal, baixos custos na produção (JOHN et al., 2011, CHISTI, 2008, HARUN et al., 2011, HO et al., 2013).

Já para o bioetanol de segunda geração (2G) emprega-se materiais lignocelulósicos, que por sua vez possuem dificuldade de sacarificação devido à presença da lignina, um composto não fermentável e de difícil degradabilidade biológica. Por causa de altas taxas de produção, juntamente à pré-tratamentos e uso de diversas enzimas específicas, o que promove uma baixa produtividade, fazendo este processo encontrar dificuldade de consolidação no mercado (JOHN et al., 2011, CHISTI, 2008, HARUN et al., 2011, HO et al., 2013).

Como bioetanol de terceira geração (3G), estão as microalgas, que, por sua vez, não apresentam lignina em sua estrutura celular e por isso, geram taxas de crescimento elevadas quando comparadas às plantas superiores (JOHN et al., 2011, CHISTI, 2008, HARUN et al., 2011, HO et al., 2013).

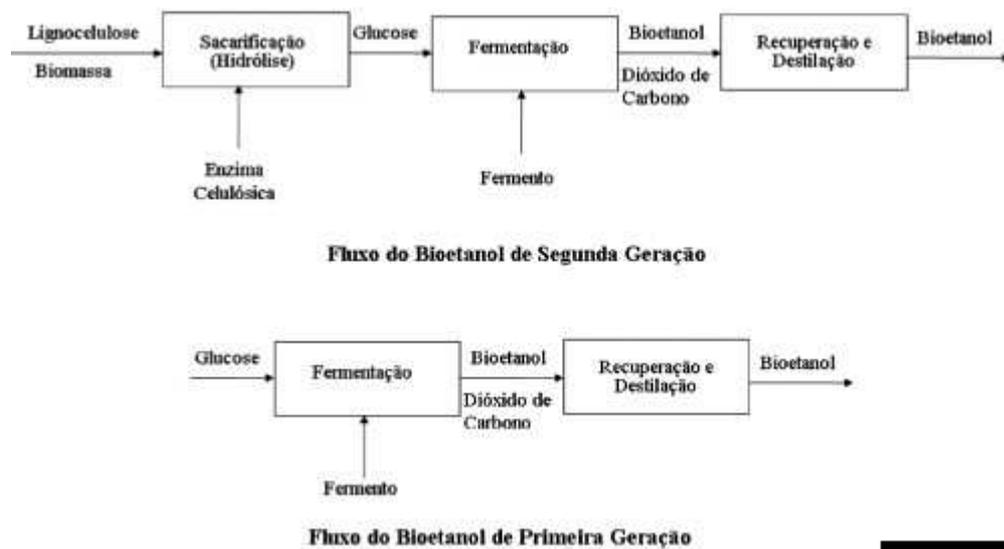
2.2.1 Processo de produção do bioetanol 2G

O material lignocelulósico pode ser dividido em polímeros de carboidrato (celulose e hemicelulose) e lignina, proveniente da parede celular das plantas. Para realizar conversão do material lignocelulósico em outros produtos há realização de três etapas: pré-tratamento, hidrólise e fermentação (LEE, 1997; SUN; SILVA, 2010).

Simplificadamente, o processo consiste em degradar o material lignocelulósico da planta fisicamente ou quimicamente, obtendo, assim, a celulose, hemicelulose e a sacarose. A técnica visa aproveitar os açúcares contidos na sacarose, que estão protegidos por uma camada de fibras (SILVA, 2010). Durante a fabricação do etanol celulósico, os resíduos passam pelo pré- tratamento, primordial para se obter uma conversão enzimática eficiente, e que pode ser realizado utilizando ácidos, bases, vapor, ou até mesmo a combinação entre eles. Esta etapa é onde as moléculas de celulose e hemicelulose, que possuem tipos de açúcares diferentes, são desestruturadas e transformadas em açúcares solúveis por meio de processo denominado hidrólise. A lignina é descartada, por não possuir açúcares, no estágio de separação das moléculas (PAGANINI, 2005).

Na fase seguinte, ocorre a fermentação do caldo, no qual converte o açúcar em etanol, que é purificado na destilação e enviado para a comercialização. A composição do produto é semelhante à do bioetanol de primeira geração, diferenciando-se apenas pelos métodos de pré-tratamento da biomassa utilizada no processo produtivo e da hidrólise, (SILVA, 2010) como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Comparativo da produção de bioetanol 1G e bioetanol 2G.



Fonte: CGEE (2010).

2.2.2 Pré-Tratamento da Biomassa

O pré-tratamento da biomassa lignocelulósica é dividido em quatro categorias, biológico, físico, químico e a combinação dos anteriores, dependendo da proposta e da eficácia de separação requisitado (CAPEK-MENARD et al., 1992).

Um pré-tratamento eficaz e ideal é aquele o qual as fibras apresentam melhor reatividade, o uso da fração de hemicelulose é preservado, substâncias que dificultem significativamente o tratamento não são liberados (LYND, 1996) e rompe a parede da célula da planta, melhorando o acesso das enzimas aos polissacarídeos (KIM; HOLTZAPPLE, 2006).

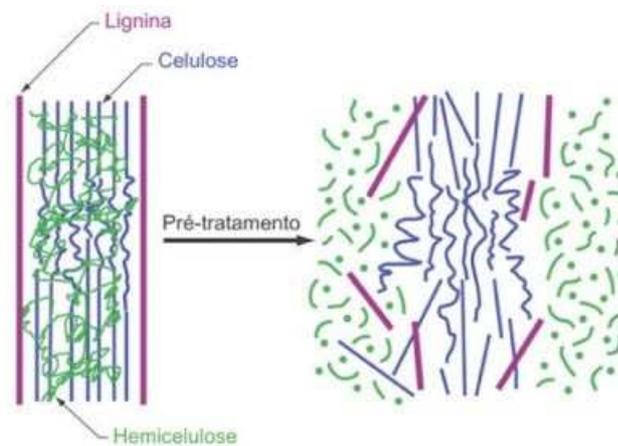
O pré-tratamento analisado com o sólido insolúvel e o líquido em meio aquoso após o término processo, referente, principalmente, à quantidade presente de açúcares em cada fração, com isso, faz-se uma relação da quantidade de carboidratos totais obtida na biomassa

anteriormente à realização do pré-tratamento e posteriormente ao processo da hidrólise. Seguindo ao pré-tratamento é necessária a realização da (AGBOR et al., 2011):

- Hidrólise do sólido insolúvel em meio aquoso;
- Fermentação do líquido, verificando se é necessária uma diluição na presença de inibidores do crescimento de microrganismos;
- Fermentação do hidrolisado que se obtém através do sólido insolúvel;
- Verificar a possibilidade da obtenção de produtos de valor agregado das quantidades dos pré-tratados.

O pré-tratamento físico deseja obter uma maior superfície de contato do material, com isso, deve-se moer o material, visando diminuir o diâmetro da partícula e à cristalinidade da estrutura da parede vegetal (Figura 2).

Figura 2 - Processo de pré-tratamento.



Fonte: CGEE (2010).

Os métodos químicos ocorrem por meio de um agente químico, como catalisador, ou seja, um ácido ou um álcali. Os métodos físico-químicos ocorrem com a associação entre um tratamento químico e outro físico, como por exemplo, a termólise. Já os pré-tratamentos biológicos acontecem frente à utilização de tratamentos com enzimas e/ou microrganismos (CORTEZ, 2010). Na Tabela 1 são explicitados os principais pré-tratamentos utilizados, suas vantagens assim como suas desvantagens.

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens da aplicação processos de pré-tratamento.

Pré-tratamento	Vantagens	Desvantagens
		Formação de inibidores;
	Barato e efetivo;	
Ácido diluído	Remoção de hemicelulose.	Pouca lignina solubilizada;
		Requer reatores e componentes
		Resistentes à corrosão.
	Requer baixas temperaturas;	Inviável do ponto de vista operacional e comercial.
Ácido concentrado	Alta taxa de hidrólise e de Degradação.	
Alcalino - NaOH	Abertura dos poros do material;	Problemas de corrosividade;
	Remoção de lignina.	
Alcalino - CaO		Formação de precipitados.
Organossolvente	Solubilizam a lignina.	Recuperação dos solventes.
Tratamento a vapor	Muito usado devido à simplicidade; Parte da hemicelulose é solubilizada.	Pode ser necessário o uso de ácidos e é necessária lavagem após o tratamento.
Explosão com amonia (AFEX)	Aumenta consideravelmente a digestibilidade; Poucos inibidores são formados.	Praticamente nenhuma hemicelulose ou lignina é solubilizada; Significativo custo de

		capital devido à necessidade de reciclo e reuso da amônia.
Hidrotermólise	Relativamente simples; Parte da hemicelulose é solubilizada.	Obtém na fração liquida os oligômeros; Necessidade de hemicelulase.
Biológico	Deslignificação; Diminuição do grau de polimerização da celulose e hemicelulose.	Lento; Substrato será usado para crescimento.

Fonte: SZCZODRAK; FIEDUREK., 1996, CORTEZ, 2010. SIMS et al, 2008.

Os processos mais viáveis e usados são do ácido diluído, álcalis e hidrotermólise, pois possuem uma melhor aplicabilidade, comparando-se com outros processos. Entre os ácidos mais utilizados se encontra o ácido sulfúrico diluído, pois hidrolisa grande parte da fração de hemicelulose para o meio, que, de acordo com as concentrações de ácido aplicadas, libera também celulose, e outros compostos, como por exemplo, as proteínas hidrossolúveis e a pectina (CORTEZ, 2010).

Processos de pré-tratamento com álcalis utilizam níveis moderados de temperatura e pressão comparados aos processos com ácidos. A principal ação deste tipo de pré-tratamento é a retirada da lignina da biomassa, o que ocasiona maior reatividade da fibra. A base, geralmente a cal ou soda, causa uma expansão da biomassa, de modo que a cristalinidade celulósica diminui, ao mesmo tempo em que ocorre um aumento da porosidade e superfície de contato do material (PITARELO, 2007).

Durante o pré-tratamento de hidrotermólise é utilizada, simplesmente, a biomassa em contato com a água durante 15min, a 230°C, sendo cerca de 40 a 60% da biomassa total dissolvida durante o processo, com 4 a 22 % da celulose, 30 a 60% da lignina e toda a porção de hemicelulose retirada. (MOISER et al., 2005). Na Tabela 2, verifica-se tipos de pré-tratamento usados e suas principais diferenças com base na composição química, modificação da estrutura conformacional e lignocelulósica.

Tabela 2 - Efeito à estrutura físico-química e composição química da biomassa nos principais pré-tratamentos.

Pré-tratamento	Área superfície acessível	Descristalização da celulose	Remoção da hemicelulose	Remoção da lignina	Alteração da estrutura da lignina
Ácido diluído	maior	não detectado	maior	não remove	maior
Base	maior	não detectado	menor	maior	maior
Hidrotérmico	maior	não detectado	maior	não remove	menor

Fonte: Adaptado de MOISER et al., 2005.

A degradação do material durante processo aumenta com o aumento do tempo de residência e temperatura e com o aumento da concentração de catalisadores. Com isso, há a necessidade da verificação do grau de processo adequado para cada tipo de biomassa, visto que uma condição muito efetiva irá degradar frações indesejáveis e acarretará a formação de compostos tóxicos (CORTEZ, 2010).

2.2.3 Hidrólise

Hidrólise consiste na quebra de uma ligação química, incluindo-se uma molécula de água nas estruturas restantes, podendo ser quimicamente ou enzimaticamente, esta última, onde se há a utilização de enzimas para sua catálise.

Para se obter açúcares fermentáveis há a possibilidade do uso de três tipos de hidrólise de materiais lignocelulósicos, como exposto na Tabela 3.

- Hidrólise através de ácido diluído;
- Hidrólise por meio de ácido concentrado;
- Hidrólise com enzimas.

No uso de ácido concentrado para a hidrólise da celulose e hemicelulose, os ácidos fortes são utilizados a baixas temperaturas, como há a necessidade do uso de equipamentos resistentes à corrosão, o custo do produto final eleva-se, criando uma desvantagem no uso deste processo, outra desvantagem apresentada pelo processo é que a hemicelulose é

hidrolisada com maior velocidade que a celulose e com isso seus monossacarídeos são expostos ao meio reacional durante um grande período, fazendo que esses açúcares sejam perdidos (SZENGYEL, 2000).

A utilização do ácido diluído faz, separadamente, a hidrólise da hemicelulose e da celulose. Primeiramente é removida a hemicelulose que foi hidrolisada e, em seguida, onde é feita a hidrólise da celulose, são aplicadas temperaturas elevadas, quando lignina e açúcares solúveis são degradados, trazendo uma inibição durante o processo fermentativo (SZENGYEL, 2000).

Na hidrólise enzimática, a transformação da celulose em glicose é catalisada por enzimas chamadas de celulasas, que agem rompendo as ligações de glicose das microfibrilas da celulose, como resultado há a liberação de glicose, que, depois, irá para a etapa de fermentação e o etanol será produzido. Para que o processo tenha uma menor liberação de subprodutos e alto rendimento de açúcares fermentáveis, as condições de processo devem ser brandas (DILLON, 2004).

Tabela 3 - Comparação das condições e desempenho dos três processos de hidrólise.

Processo	Consumo	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Rendimento de glicose (%)
Ácido diluído	< 1% H ₂ SO ₄	215	3 min	50-70%
Ácido concentrado	30-70% H ₂ SO ₄	100	2-6 h	90%
Enzimática	Celulase	50	1,5 dias	75-95%

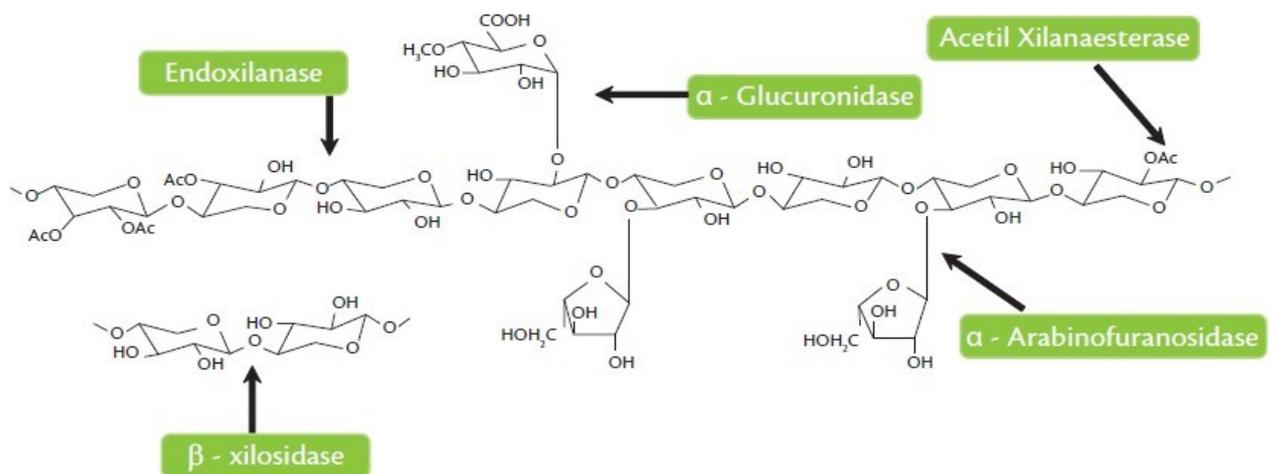
Fonte: Adaptado de HAMELINK et al., 2005.

O processo por meio de enzimas para a conversão da celulose para glicose mais utilizado é o que ocorre através das celulasas, pois apresenta altos rendimentos e ao crescente desenvolvimento tecnológico que pode melhorar a viabilidade do processo, apesar de possuir a desvantagem de possibilidade de contaminação por conta do longo período no processo de hidrólise, tornando o açúcar presente e as próprias enzimas sujeitas ao ataque de indesejados microrganismos (HAMELINK et al., 2005; CORTEZ, 2010).

Alguns fatores podem afetar o processo de hidrólise enzimática da celulose, como por exemplo, condições envolvidas na reação, a atividade da celulase e concentração de substrato. À medida que há a otimização do processo, obtendo-se dados sobre mais consistentes sobre o processo em questão, é possível o aumento de rendimento desta etapa. A utilização de hemicelulases é necessária, pois ainda existem quantidades de hemiceluloses, o que pode impedir a ação das celulases junto à celulose (CORTEZ, 2010).

Hemicelulases são enzimas com alta complexidade e agem na quebra de cadeias poliméricas de hemicelulose. São produzidas por fungos filamentosos como o *Aspergillus niger*, juntamente com as pectinases. As principais hemicelulases são as xilanases e as β -glicanases (KOBBLITZ, 2008). A Figura 2 apresenta as principais enzimas que atuam na hidrólise de hemicelulose.

Figura 3 - Enzimas envolvidas na hidrólise enzimática.



Fonte: CGEE (2010).

Por sua vez, celulases são enzimas hidrolíticas que atuam na catálise da hidrólise da ligação de glicose. A efetividade de uma hidrólise celulósica depende dos modos de ação e diferentes especificidades do complexo celulolítico (BOGAS, 2005). Esse tipo enzima funciona na hidrólise das ligações de glicoses, β -1,4 das cadeias celulósicas, fazendo com que o grau de polimerização diminua e perda de massa da celulose, logo, são formados monômeros glicosídicos com terminais não-redutores e redutores, devido à quebra das ligações glicosídicas.

As celulases são geradas por bactérias anaeróbias no sistema digestivo de herbívoros e ruminantes e através fungos filamentosos presentes no solo. Entre os principais

microrganismos geradores estão o *Penicillium oxalicum* e *Aspergillus niger* (AGUIAR; LUCENA, 2011).

2.2.4 Fermentação Etanólica

A etapa final da produção do bioetanol 2G é a fermentação. Esta que irá fazer a conversão da glicose em álcool por meio de leveduras, mais precisamente a *Saccharomyces cerevisiae*, que apresentam ótimos desempenhos na conversão de glicose em etanol e tolerância alcoólica aos inibidores do pré-tratamento e da fermentação. Porém, essa levedura fermenta apenas hexoses, ou seja, não é capaz de fermentar pentose, que constituem a maior parte de hemicelulose (SAHA et al., 2005).

Para a integração dos dois processos, existem pesquisas em desenvolvimento e elas abordam dois lados. No primeiro, é pretendido o desenvolvimento de um microrganismo recombinante, que possa processar as vias pentoses-fosfato. O segundo lado procura aumentar os rendimentos da produção de etanol por meio da modificação de microrganismos para que possam fermentar tanto hexoses quanto pentoses (CGEE, 2010).

2.2.5 Destilação

Após a etapa de fermentação, ou seja, após a obtenção do etanol mais impurezas, é chegada a última etapa de produção, a destilação. Segundo Venturini (2001), neste processo, em colunas de destilação é colocado o líquido, nos quais o mesmo é aquecido até que evapore. Então o vapor é condensado, voltando estado inicial, líquido, obtendo-se o etanol. O etanol obtido possui um grau alcoólico de 96%, ou seja, é um etanol hidratado.

2.3 FLUXOGRAMA

Através do diagrama de fluxo ou fluxograma é possível que qualquer pessoa consiga entender e observar os equipamentos, operações e materiais presentes na planta que aquele diagrama de fluxo representa. O fluxograma pode ser apresentado de três formas (PETERS; TIMMERHAUS, 1991):

- Qualitativo: representa o material, equipamento e informações de temperatura e pressão que estão sendo utilizados por toda a planta;

- Quantitativo: apresenta as quantidades de materiais envolvidas na operação em questão;
- Combinado: este tipo de fluxograma é aquele que envolve todos os tipos de informações envolvidas no projeto, o mesmo representa os equipamentos, materiais, condições, especificações e quantidades de materiais presentes no processo, ou seja, é dito que é a junção dos diagramas de fluxo quantitativo e qualitativo. Este tipo de diagrama mostra o padrão de fluxo qualitativo e pode ser usado como referência básica para fornecer especificações de equipamentos, dados quantitativos e cálculos de amostras.

2.4 RENDIMENTO

Rendimento é um dos indicadores mais importantes que determinam a viabilidade e os custos dos produtos. É um indicador que pode não ser muito importante para a área da contabilidade, porém, os engenheiros, principalmente os que atuam diretamente na linha de produção devem conhecer e analisar cuidadosamente, pois o mesmo apresenta dados que refletem o desempenho e sucesso daquele processo ou projeto. De uma maneira bem simples, rendimento pode ser explicado como o índice que resulta da relação entre o que entra e o que sai, ou seja, o quanto de matéria-prima é convertida no produto (PETERS; TIMMERHAUS, 1991).

2.5 ANÁLISE ECONÔMICA

Para que o sucesso de uma empresa seja alcançado, é necessário que o empreendedor consiga gerir o negócio de uma forma que o mesmo traga retorno condizentes com o valor e tempo investido. Para que dessa forma, a empresa possa crescer e se estruturar sem dificuldades e naturalmente (MARQUEZAN, 2006; DELGADO, 2016).

Um dentre diversos pontos fundamentais para o desenvolvimento saudável de uma empresa é o planejamento, ou seja, analisar de maneira prévia decisões e ações que serão tomadas para que o sucesso seja alcançado (CHIAVENATO, 2008).

Além desses parâmetros citados, é necessário que sejam estimados os investimentos necessários para que o projeto aconteça, sendo eles (MARQUEZAN, 2006; DELGADO, 2016):

- Investimento fixo: corresponde às despesas iniciais com estrutura e equipamentos para que a empresa funcione, como máquinas e equipamentos, terreno, edificação, entre outros;
- Investimento operacional: Os investimentos operacionais é o capital que é usado para o início do funcionamento do processo;
- Investimento total: Sendo o investimento total aquele que é a soma dos custos fixos e custos operacionais, ou seja, são somados todos os gastos necessários para o início do funcionamento da planta. (MARQUEZAN, 2006; DELGADO, 2016).

Outro parâmetro para uma análise completa e detalhada, são os custos de produção, os gastos realizados pela empresa na aquisição dos fatores fixos e variáveis que são utilizados no processo produtivo se subdividem em:

- Os custos diretos não sofrem alteração recorrente no modelo de produção e são aplicados sobre seguros, impostos de bens de produção, salários administrativos, matéria-prima e entre outros (SULLIVAN; WICKS; LUXHOJ, 2004; REIS, 2014);
- Os custos indiretos são os custos gerais de uma empresa como papeis, folhas de pagamento, embalagens, armazenamento, impostos locais e seguros (ULRICH, 1986; PETERS; TIMMERHAUS, 1991);
- Os custos gerais são os custos administrativos, de distribuição e vendas e de desenvolvimento e tecnologia (PETERS; TIMMERHAUS, 1991).

A determinação do sucesso de um determinado projeto pode ser dada a partir de três indicadores principais, taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL) e tempo de retorno, os quais dependem diretamente dos custos de investimento total, custo de produção e dos ganhos a partir das vendas do produto. (BARBIERI; ÁLVARES; MACHLINE, 2007).

O VPL pode ser definido como o valor presente de pagamentos futuros descontando uma taxa de custo de capital, ou seja, busca trazer para o presente quais serão os fluxos de caixa desse investimento no futuro (BARBIERI; ÁLVARES; MACHLINE, 2007). Para que o VPL seja aceito, o mesmo segue a seguinte regra:

- $VPL > 0$: a alternativa é aceita;

- $VPL = 0$: a alternativa é aceita, porém com certo risco;
- $VPL < 0$: a alternativa é rejeitada.

Além disso, TIR, que é a taxa que zera o VPL, demonstra o quanto rende um projeto de investimento, considerando a mesma periodicidade dos fluxos de caixa do projeto. Para isso, o mesmo deve ser comparado e ser maior que a taxa mínima aceitável de rendimento (TMAR), que é a taxa mínima de retorno que o projeto deve ter para ser viável economicamente (BARBIERI; ÁLVARES; MACHLINE, 2007).

Outro tipo de análise que pode ser feita para se determinar o sucesso de um projeto é avaliar a sensibilidade do projeto às possíveis falhas. São elas, problemas que podem vir a acontecer durante o processo produtivo e investimento prejudicando de alguma forma a viabilidade do projeto (MARQUEZAN, 2006; SOUZA, 2017). Exemplos são:

- Diminuição do volume de produção e fluxo de vendas;
- Aumento dos gastos com equipamentos e matéria-prima;
- Ausência de funcionários, acarretando diminuição do tempo de produção.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta parte do trabalho serão apresentados detalhadamente os procedimentos e métodos utilizados para o desenvolvimento do projeto e obtenção dos resultados para o processo escolhido, sendo eles:

- Montagem do fluxograma;
- Análise econômica do projeto.

3.1 FLUXOGRAMA

Para montagem do fluxograma é necessário conhecer os equipamentos envolvidos, matéria-prima, direções dos fluxos e dados operacionais (PETERS; TIMMERHAUS, 1991).

As simbologias utilizadas estão presentes em ULRICH (1986) e apresentadas na Figura 4 e Tabela 4.

Figura 4 - Símbolos de diagrama de fluxo para designação e identificação das correntes.

Símbolo	Definición	Símbolo	Definición
	Corrientes del proceso		Corrientes de servicios
	Entrada de la materia prima (identifíquese la corriente por nombre)		Aire comprimido (A-12, p. ej., denotaría 12 barg)
			Agua fría (torre)
	Salida del producto terminado (identifíquese la corriente por nombre)		Retorno del agua fría (torre)
			Agua fría (fuente natural)
	Designa en el diagrama un salto en una línea del proceso. La "B" es una letra de identificación de la corriente en otro lugar en el mismo diagrama, o en una hoja adyacente		Descarga de agua fría (receptor natural)
			Electricidad (E-220, p. ej., denotaría 220 volts)
	Designación de la corriente para el punto de balance de materia		Áceite caliente (HO-300, p. ej., denotaría 300°C)
	Temperatura (°C)		Agua caliente (HW-150, p. ej., denotaría 150°C)
	Presión (barg [0.1 MPa manométrica])		Retorno del agua caliente
	Presión (kPa manométrica)		Refrigerante (R-10, p. ej., denotaría -10°C)
	Presión (kPa absoluta)		Vapor (S-15, p. ej., denotaría 15 barg de presión)
	Flujo de gas (estándar m ³ /s; gas ideal a 273°K, 1 atm)		Condensado
	Flujo de líquido (litro/s)		Agua desmineralizada
	Flujo en masa (kg/s)		Agua del municipio
	Flujo molar (kgmol/s)		Agua de proceso

Fonte: ULRICH (1986).

Tabela 4 - Designação dos equipamentos da planta.

ID	Classificação
A	Serviços auxiliares.
B	Equipamento de contato sólido-gás.
C	Moinhos, trituradores.
D	Recipientes de processo.
E	Trocadores de calor.
F	Recipientes de armazenamento.
G	Transportadores de gás.
H	Separadores.
J	Transportadores.
K	Instrumentos.
L	Bombas.
M	Agitadores.
N	Motores, impulsores, turbinas.
P	Unidades de embalagem.
Q	Fornos de aquecimento de processo.
R	Reatores.
S	Equipamentos para aumento de tamanho.
V	Vaporizadores e evaporadores.
X	Diversos.

Fonte: Adaptado de ULRICH (1986).

3.2 ANÁLISE ECONÔMICA

Aqui serão apresentados os passos para fazer a avaliação da rentabilidade do projeto proposto e a lucratividade do desempenho da planta.

3.2.1 Investimento total (IT)

Investimento total é calculado pela soma dos investimentos operacionais com os investimentos fixos (PETERS; TIMMERHAUS, 1991).

$$IT = IF + IO \quad (1)$$

3.2.1.1 Investimentos fixos (IF)

O cálculo dos investimentos fixos é feito a partir dos custos dos equipamentos e das relações apresentadas na Tabela 5, que diz a respeito das estimativas do custo de investimento fixo (ULRICH, 1986). Os preços e custos dos equipamentos serão feitos por meio dos preços praticados no mercado.

Tabela 5 - Indicadores investimento fixo.

INVESTIMENTO FIXO (IF)	
Indicadores	Relação
Equipamento (IF1)	
Edifícios principais (IF2)	0,12IF1
Edifícios auxiliares (IF3)	0,1IF1
Facilidades e serviços instalados (IF4)	0,55IF1
Custo direto da planta (IF5)	IF2+IF3+IF4
Movimento de terras (IF6)	0,13IF1
Frete, seguros e impostos (IF7)	0,08IF1
Outros gastos diretos (IF8)	0,06IF5
Custo direto total da planta (IF9)	IF5+IF6+IF7+IF8
Pessoal indireto do campo de ação (IF10)	0,12IF9
Outros gastos indiretos do campo de ação (IF11)	0,21IF9
Custo de construção (IF12)	IF9+IF10+IF11
Gastos do escritório (IF13)	0,17IF12
Gastos da direção do projeto (IF14)	0,08IF12
Gastos do pessoal de supervisão (IF15)	0,03IF12
Capital depreciável excluindo imprevistos (IF16)	IF12+IF13+IF14+IF15
Imprevistos do projeto (IF17)	0,05IF16
Imprevistos do processo (IF18)	0,08IF16
Capital depreciável incluindo imprevistos (IF19)	IF16+IF17+IF18
Compra do terreno (IF20)	0,02IF19
Investimento fixo (IF)	IF19+IF20

Fonte: Adaptado de PETERS (1991).

3.2.1.2 Investimentos Operacionais (IO)

Os investimentos operacionais é o capital que é usado para o início do funcionamento do processo, o mesmo pode ser estimado a partir de uma taxa de 10 a 20% do investimento total aplicado na planta (ULRICH, 1986; PETERS; TIMMERHAUS, 1991).

3.2.2 Custo de produção (CP)

Para que seja feito o custo de produção, considera-se o custo de todos os insumos, parâmetros, folha de pagamento, manutenção e gastos diversos (ULRICH, 1986; PETERS; TIMMERHAUS, 1991). O custo de produção é calculado pelo somatório dos custos diretos (CD), custos indiretos (CI) e custos gerais (CG), segundo a equação abaixo:

$$CP = CD + CI + CG \quad (2)$$

3.2.2.1 Custo Direto (CD)

Os custos de matéria-prima foram analisados a partir dos preços praticados no mercado, os valores de mão de obra foram obtidos a partir dos valores de salários praticados no país e pela quantidade de funcionários para o funcionamento da planta.

Os custos de energia elétrica e água são calculados de acordo com o valor dos mesmos, praticados na cidade de Manaus e pela quantidade utilizada. Os outros valores foram calculados de acordo com a literatura presente em PETERS e TIMMERHAUS (1991), presente na tabela abaixo.

Tabela 6 - Algoritmo custos diretos.

Custos Diretos	Relação
Supervisão	10 – 20% (Mão de Obra de Operação)
Fornecimento de Operações	10-20% (Manutenção)
Custos de laboratórios	10-20% (Mano de obra de Operação)

Fonte: Adaptado de PETERS e TIMMERHAUS (1991).

3.2.2.2 Custo Indireto (CI) & Custo Gerais (CG)

Custos indiretos e gerais são calculados por meios dos custos diretos e o algoritmo apresentado em Peters (1991), presente nas tabelas abaixo.

Tabela 7 - Algoritmo custos indiretos.

Custos Indiretos	Relação
Gastos gerais	50 – 70% (Mão de obra total)
Impostos locais	1 – 2% (Investimento fixo)
Seguros	0,4 – 1% (Investimento fixo)

Fonte: Adaptado de PETERS e TIMMERHAUS (1991).

Tabela 8 - Algoritmo Custos Gerais.

Custos Gerais	Relação
Custos administrativos	25% (Gastos gerais)
Distribuição e Custos de Vendas	10% (Custo total de produção)
Investigação e desenvolvimento	5% (Custo total de produção)"

Fonte: Adaptado de PETERS e TIMMERHAUS (1991).

3.2.3 Preço de Mercado & Custo Unitário (CU)

Para que o preço de venda seja determinado, levou-se em conta o valor praticado do produto pelo mercado brasileiro de etanol de primeira geração, que é o concorrente direto do bioetanol de segunda geração.

Obtido o custo de produção total (CP) através da soma dos custos indiretos (CI) com os custos diretos (CD) e com os custos gerais (CG) pela Equação 2, foi calculado o custo total médio (também chamado de custo unitário) pela quociente entre o custo total e a quantidade média produzida, demonstrado na Equação 3. O tempo de produção estimado para a base de cálculo foi sobre 1 ano (VASCONCELOS; GARCIA, 2008).

$$CU = \frac{CP(R\$/ano)}{volume(ano)} \quad (3)$$

Para se determinar se o preço de venda irá conseguir suprir os custos de produção, comparou-se o preço de mercado com o custo unitário do produto.

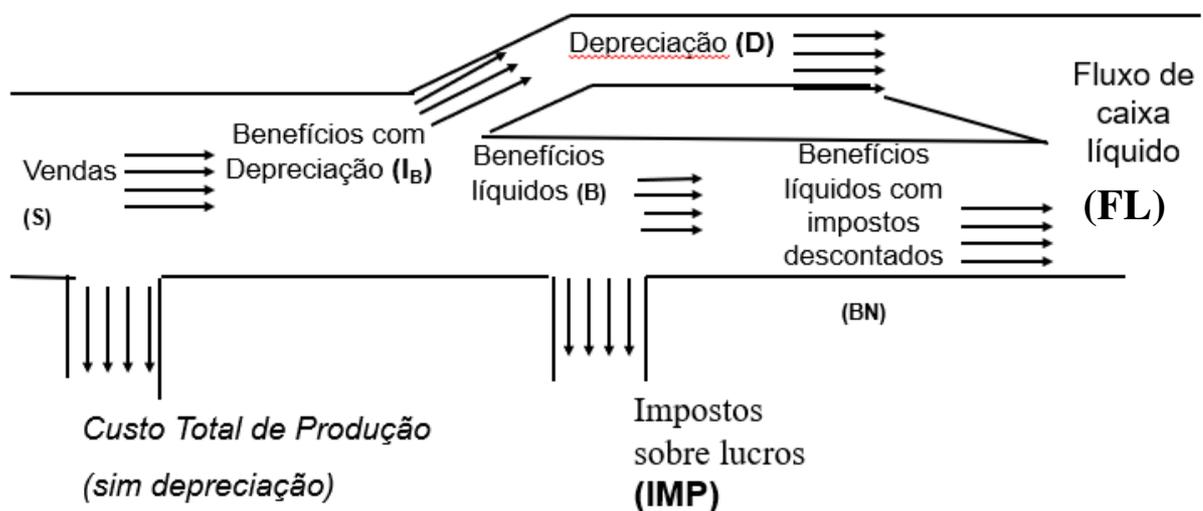
3.2.4 Fluxo de Caixa

O fluxo de caixa, ou fluxo líquido (FL), foi calculado para um período de 10 anos considerando todos os anos iguais, ou seja, o valor real do lucro da empresa, aplicando-se todos os valores de entrada e saída de capital. A equação do fluxo de caixa ao final de cada ano será igual a apresentada pela equação 4 (PETERS, 1991).

$$FL = \text{Lucro Líquido} + \text{Depreciação} - IT \quad (4)$$

Sendo o lucro líquido, o lucro da empresa antes da depreciação, conforme a figura abaixo.

Figura 5 - Funcionamento do Fluxo de Caixa.



Fonte: PETERS, 1991.

3.2.5 Análise de Rentabilidade (VPL & TIR)

Para que haja retorno sobre o investimento é necessário que o valor presente líquido (VPL) seja maior ou igual a zero. O VPL será calculado utilizando uma taxa mínima de aceitabilidade (TMAR). O tempo necessário para que o VPL iguale a zero representa o tempo mínimo que a operação deve ser mantida para que seja um empreendimento viável, o período adotado para o cálculo de VPL foi sobre os primeiros 10 anos pela equação 5 (GITMAN, 2002).

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FL}{(1+TMAR)^t} - IT \quad (5)$$

Onde VPL é o valor presente líquido, FL é o fluxo de caixa líquido no período t e TMAR é a taxa mínima de aceitabilidade

A taxa interna de rentabilidade (TIR) é o valor da taxa de juros que anula o VPL do fluxo de investimento. O cálculo de TIR foi feito de acordo com Barbieri, Álvares e Machline (2007) apresentado pela Equação 6 no qual VPL está igualado a zero. O indicativo de validade para o projeto pelo cálculo de TIR (taxa interna de rentabilidade) é ser maior ou igual ao TMAR (BARBIERI; ÁLVARES; MACHLINE; 2007; GITMAN, 2002).

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FL}{(1 + TIR)^t} - IT \quad (6)$$

3.2.6 Análise de Sensibilidade

Para consideração da sensibilidade do projeto foram feitas variações no volume total de produção para casos otimistas, bons e pessimistas. A análise otimista considerou uma produção de 100% da capacidade, a análise para um bom projeto considerou 95% da capacidade de produção total e para a análise pessimista cerca de 90% da capacidade produtiva em atuação (PETERS, 1991).

Para o cálculo das falhas do projeto, são utilizadas as seguintes equações:

$$TMA = TMAR + h(\text{falhas}) \quad (7)$$

Sendo:

$$h(\text{falhas}) = TIR_{\text{Projeto}} - TIR_{\text{Novo}} \quad (8)$$

Tendo em conta que o TIR_{Novo} é o valor de TIR quando as falhas são assumidas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aqui serão apresentados os resultados obtidos através dos passos e procedimentos apresentados no capítulo anterior. Logo, será mostrado o fluxograma construído e os valores estimados pela análise econômica.

4.1 FLUXOGRAMA

Para o desenvolvimento deste trabalho, o mesmo foi baseado na metodologia presente em ZHANG YUAN (2016), na etapa de pré-tratamento, em BARRETO (2008), na etapa de hidrólise ácida, em EMBRAPA (2008), na etapa de fermentação e em BARRETO (2008), na etapa de destilação, tendo em conta que os dados de utilização da matéria-prima, tipos de equipamentos usados e parâmetros de processo são semelhantes. Todos os dados supracitados estão descritos nas Tabelas 9 e 10 e representados no fluxograma abaixo.

Tabela 9 - Lista de equipamentos.

EQUIPAMENTOS	QUANTIDADE
Lona para secagem 10mX10m	1
Moedor de rolo (2 rolos: 60mm e 180mm) 100kg/h	1
Moedor de faca (8 facas) 50kg/h	1
Tanque para pré-tratamento alcalino (fibra) 250L	1
Tanque para hidrólise ácida (180cmX70cm) 250L	1
Tanque para fermentação (180cmX70cm) 250L	1
Tanque para armazenamento de água (fibra) 500L	1
Tanque para descarte (fibra) 500L	1
Pá (ferro)	5
Carrinho de mão (ferro)	5
Destilador (tipo alambique) 40L	1

Fonte: Própria.

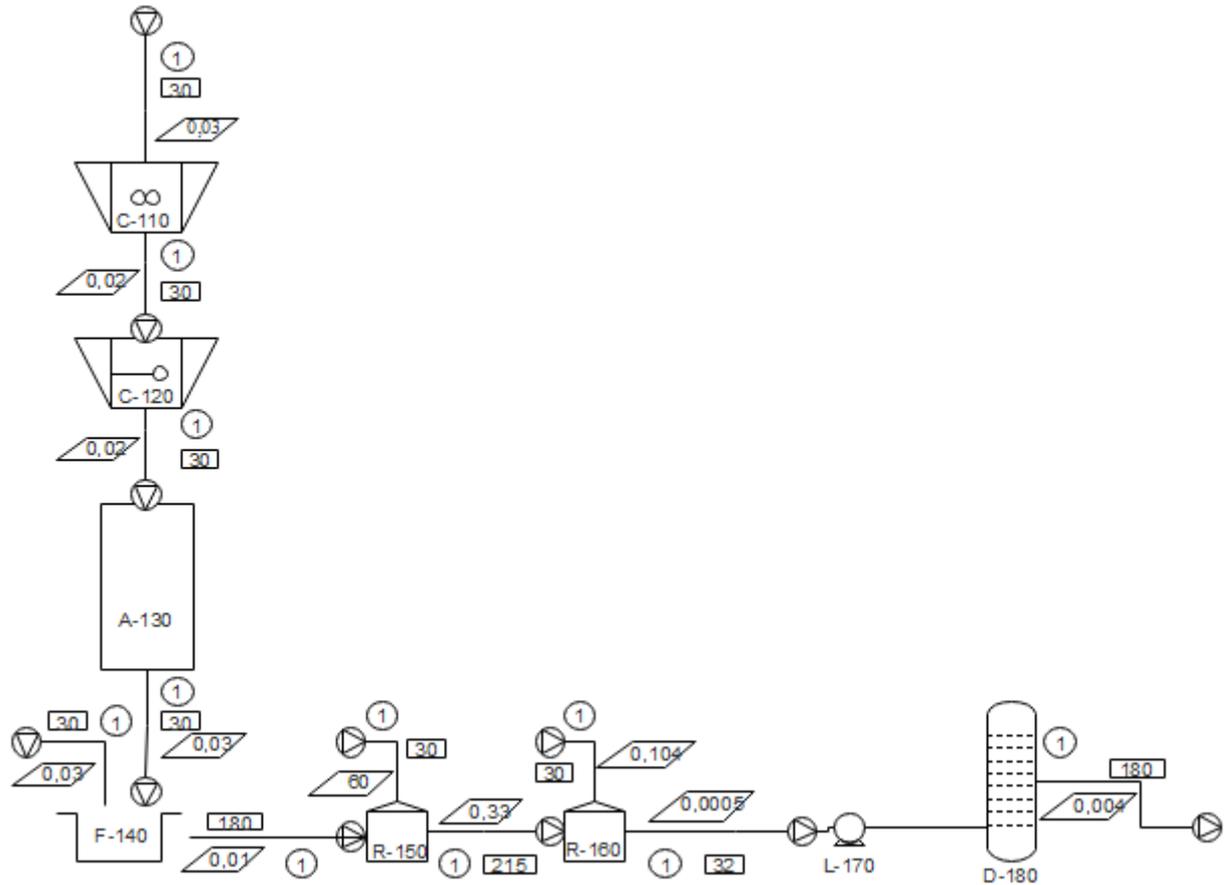
Tabela 10 - Dados operacionais.

DADOS OPERACIONAIS			
EQUIPAMENTOS	PRESSÃO (atm)	TEMPERATURA (°C)	Fluxo (kg/s)
Moinho de rolo	1	30	0,02
Moinho de faca	1	30	0,02
Lona para secagem	1	30	0,03
Tanque para pré-tratamento	1	180	0,01
Tanque para hidrólise ácida	1	215	0,33

Tanque para fermentação	1	32	0,0005
Destilador	1	180	0,004

Fonte: Própria.

Figura 6 - Fluxograma do processo proposto.



Fonte: Própria.

4.2 ANÁLISE ECONÔMICA

Serão apresentados os resultados obtidos a partir dos métodos propostos, ou seja, os valores estimados a partir dos passos usados para fazer a avaliação da rentabilidade do projeto proposto e a lucratividade do desempenho da planta.

Para que a precificação da planta e processo fosse realizada, após a obtenção de todas as quantidades de material e tipos de equipamentos, os preços dos mesmos serão baseados em valores praticados no mercado brasileiro, pesquisados via Internet e fornecedores do Amazonas.

4.2.1 Investimento total

A Tabela 11, apresenta a cotação e a quantidade de cada um dos equipamentos utilizados no processo, para um total de produção de 5993L/ano de etanol 2G.

Tabela 11 - Custo de equipamentos.

EQUIPAMENTOS	QUANTIDADE	PREÇO	PREÇO
		UNITÁRIO	TOTAL
		R\$	R\$
Lona para secagem 10mX10m	1	480,00	480,00
		R\$	R\$
Moedor de rolo (2 rolos: 60mm e 180mm) 100kg/h	1	593,00	593,00
		R\$	
Moedor de faca (8 facas) 50kg/h	1	7.500,00	7.500,00
		R\$	R\$
Tanque para pré-tratamento alcalino (fibra) 250L	1	608,00	608,00
		R\$	
Tanque para hidrólise ácida (180cmX70cm) 250L	1	7.850,00	7.850,00
		R\$	
Tanque para fermentação (180cmX70cm) 250L	1	7.850,00	7.850,00
		R\$	R\$
Tanque para armazenamento de água (fibra) 500L	1	174,00	174,00
		R\$	R\$
Tanque para descarte (fibra) 500L	1	174,00	174,00
		R\$	R\$
Pá (ferro)	5	18,00	90,00
		R\$	R\$
Carrinho de mão (ferro)	5	80,00	400,00

		R\$	R\$
Destilador (tipo alambique) 40L	1	529,00	529,00
			R\$
TOTAL	-	-	26.248,00

Fonte: Própria.

De posse dos custos de equipamentos, que foi um valor de R\$ 26.248,00, e dos indicadores da Tabela 5, foi possível a obtenção do valor de investimento fixo (IF), apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Investimento Fixo (IF).

INVESTIMENTO FIXO (IF)			
Equipamento (IF1)		R\$	26.248,00
Edifícios principais (IF2)	0,12IF1	R\$	3.149,76
Edifícios auxiliares (IF3)	0,1IF1	R\$	2.624,80
Facilidades e serviços instalados (IF4)	0,55IF1	R\$	14.436,40
Custo direto da planta (IF5)	IF2+IF3+IF4	R\$	20.210,96
Movimento de terras (IF6)	0,13IF1	R\$	3.412,24
Frete, seguros e impostos (IF7)	0,08IF1	R\$	2.099,84
Outros gastos diretos (IF8)	0,06IF5	R\$	1.212,66
Custo direto total da planta (IF9)	IF5+IF6+IF7+IF8	R\$	26.935,70
Pessoal indireto do campo de ação (IF10)	0,12IF9	R\$	3.232,28
Outros gastos indiretos do campo de ação (IF11)	0,21IF9	R\$	5.656,50
Custo de construção (IF12)	IF9+IF10+IF11	R\$	35.824,48
Gastos do escritório (IF13)	0,17IF12	R\$	6.090,16

Gastos da direção do projeto (IF14)	0,08IF12	R\$	2.865,96
Gastos do pessoal de supervisão (IF15)	0,03IF12	R\$	1.074,73
Capital depreciável excluindo imprevistos (IF16)	IF12+IF13+IF14+IF15	R\$	45.855,33
Imprevistos do projeto (IF17)	0,05IF16	R\$	2.292,77
Imprevistos do processo (IF18)	0,08IF16	R\$	3.668,43
Capital depreciável incluindo imprevistos (IF19)	IF16+IF17+IF18	R\$	51.816,52
Compra do terreno (IF20)	0,02IF19	R\$	1.036,33
INVESTIMENTO FIXO (IF)	IF19+IF20	R\$	52.852,86

Fonte: Própria.

Tendo em mãos o valor do investimento fixo a ser realizado, pode-se obter o valor de investimento operacional (IO), que é 20% do valor de IF, que é uma faixa de investimento que atende as necessidades para o funcionamento da planta, ou seja, o valor de IO é de R\$ 10.570,57.

Com os valores de investimento fixo (IF) e investimento operacional (IO), é obtido o valor do investimento total (IT), visto que IT é o somatório de IF e IO. Com isso, o valor total investido inicialmente é de R\$ 63.423,43.

4.2.2 Custo de Produção

O custo de produção depende, entre seus vários fatores, um deles é o custo da matéria-prima necessária para obtenção do produto, que foi obtida através dos preços praticados no mercado. A Tabela 13 apresenta a quantidade de matéria-prima necessária por batelada, sendo produzido, por batelada, 33,3L de etanol 2G, porém serão realizadas 15 bateladas por mês e 180 bateladas anuais, resultando num total, por ano, 5993L de etanol 2G.

Tabela 13 - Custo de matéria prima.

MATÉRIA-PRIMA	QUANTIDADE	PREÇO	
		PREÇO UNITÁRIO	TOTAL

Soda cáustica 99%	3kg	R\$	10,00	R\$	30,00
Ácido sulfúrico 98%	0,6L	R\$	81,00	R\$	48,60
Saccharomyces Cerevisiae	104g	R\$	2,30	R\$	239,20
TOTAL				R\$	317,80

Fonte: Própria

O custo de energia elétrica foi estimado com base nas especificações técnicas dos equipamentos e com base no preço por consumo de energia elétrica no Amazonas, ou seja, houve um consumo de 12345,7 kWh, que multiplicado pelo valor de consumo (R\$ 0,81/kWh), resulta num custo de R\$ 10000,00. Já o custo de água envolvida no processo foi baseado na quantidade utilizada durante todo o processo e o valor cobrado por metro cúbico utilizado no Amazonas. A quantidade estimada de água utilizada no ano é de 36 m³, como o preço por metro cúbico é de R\$ 30,00, o custo final é de R\$ 1080,00.

Para o custo de mão de obra, primeiramente foi estimado o número de funcionários da planta, segundo Ulrich (1986). Com isso, obteve-se o número ideal de 2 funcionários para o processamento ideal da planta.

Os custos de produção estão apresentados na Tabela 14, sendo utilizados os limites superiores das faixas percentuais de processo para ter um intervalo de segurança maior.

Tabela 14 - Custo de produção.

Custos de Produção	%	R\$/ano
Diretos		
Matéria-prima		R\$ 57.204,00
Mão de Obra de Operação		R\$ 23.952,00
Supervisão e Mão de Obra de Oficina (10-20% da mão de obra de operação)	20%	R\$ 4.790,40
Energia Elétrica (R\$ 0,81/kWh)		R\$ 10.000,00

Água Natural (R\$ 30/m ³)		R\$ 1.080,00
Manutenção (2-10% de IF)	10%	R\$ 5.285,23
Fornecimento de Operações (10-20% da manutenção)	20%	R\$ 1.057,05
Cargos de laboratorios (10-20% de mão de obra de operação)	20%	R\$ 4.790,40
Soma dos gastos diretos menos patentes e direitos		R\$ 108.159,07
Total, Custos de Fabricação Diretos		R\$ 108.159,07
Indiretos		
Geral (folha de pagamento, planta, embalagem, armazenamento) (50-70% da soma de mão de obra de operação, supervisão e mão de obra de oficina e manutenção)	70%	R\$ 20.119,68
Impostos Locais (1-2% de IF)	2%	R\$ 1.057,05
Seguros (0,4-1 % de IF)	1,0%	R\$ 528,52
Total, Custos de fabricação Indiretos		R\$ 21.705,25
Gastos de Fabricação Total (não inclui depreciação), CFT-D		R\$ 129.864,32
Depreciação (aproximadamente 10% de IF)	10%	R\$ 5.285,23
Gastos Gerais (GG)		R\$ 3.435,44
Custos Cministrativos (25% dos Gastos Gerais)	25%	R\$ 858,86
Distribuição e Custos de Vendas (10% do IT)	10%	R\$ 6.342,27
Desenvolvimento (5% do IT)	5%	R\$ 3.171,14
Total, Custos Gerais		R\$ 10.372,27

Custo Total de Produção (CT)	R\$ 163.041,16
------------------------------	----------------

Fonte: Própria

4.2.3 Preço de Mercado & Custo Unitário

A partir da equação de custo unitário apresentada, dos custos calculados anteriormente e do volume de produção, de 5993L, o custo unitário por litro de etanol de segunda geração produzido é igual a R\$ 27,20/L, valor obtido segundo a equação abaixo:

$$CU = \frac{CP(R\$/ano)}{Volume(L/ano)} = \frac{163041,16}{5993} = 27,20(R\$/L) \quad (9)$$

Para a observação se o custo unitário do etanol produzido está dentro dos limites para a comercialização no mercado brasileiro, comparou-se o custo unitário do produto com o preço que o mesmo é comercializado por concorrentes, segunda a Tabela 15.

Tabela 15 - Preços de mercado de etanol 96%.

Etanol 96% (1L)	R\$
Americanas	R\$ 30,20
Prolink	R\$ 50,00
Mercado Livre	R\$ 48,00
Shoptime	R\$ 30,20
Submarino	R\$ 30,20
Rialcool	R\$ 20,60

		-							
2	179790,0	157755,9			16748,	837,4	15911,	21196,	
	0	3	22034,07	5285,23	84	4	40	63	
		-							
3	179790,0	157755,9			16748,	837,4	15911,	21196,	
	0	3	22034,07	5285,23	84	4	40	63	
		-							
4	179790,0	157755,9			16748,	837,4	15911,	21196,	
	0	3	22034,07	5285,23	84	4	40	63	
		-							
5	179790,0	157755,9			16748,	837,4	15911,	21196,	
	0	3	22034,07	5285,23	84	4	40	63	
		-							
6	179790,0	157755,9			16748,	837,4	15911,	21196,	
	0	3	22034,07	5285,23	84	4	40	63	
		-							
7	179790,0	157755,9			16748,	837,4	15911,	21196,	
	0	3	22034,07	5285,23	84	4	40	63	
		-							
8	179790,0	157755,9			16748,	837,4	15911,	21196,	
	0	3	22034,07	5285,23	84	4	40	63	
		-							
9	179790,0	157755,9			16748,	837,4	15911,	21196,	
	0	3	22034,07	5285,23	84	4	40	63	
		-							
10	179790,0	157755,9			16748,	837,4	15911,	21196,	
	0	3	22034,07	5285,23	84	4	40	63	
		-							
11	10570,45	179790,0	157755,9		16748,	837,4	15911,	31767,	
	0	3	22034,07	5285,23	84	4	40	08	

Fonte: Própria.

A Tabela 17 apresenta o VPL e o TIR calculado para o projeto.

Tabela 17 - Valores de VPL & TIR para valores ótimos.

Ano	Fluxo Líquido acumulativo	VPL 10%	VPL 15%	VPL 20%	TIR	TMAR
1	-63422,71	-57657,01	-55150,18	-52852,26	31,62%	10%
2	-42226,09	-40139,14	-39122,49	-38132,38		
3	-21029,46	-24213,80	-25185,37	-25865,82		
4	167,16	-9736,22	-13066,13	-15643,68		
5	21363,79	3425,22	-2527,66	-7125,23		
6	42560,41	15390,16	6636,23	-26,52		
7	63757,04	26267,38	14604,83	5889,07		
8	84953,66	36155,76	21534,04	10818,72		
9	106150,29	45145,20	27559,44	14926,77		

10	127346,91	53317,42	32798,92	18350,14
11	159113,99	64451,58	39627,04	22625,61

Fonte: Própria.

Com estes dados é possível observar que o projeto é viável economicamente e terá sucesso em sua implantação. Uma vez que possui um TIR de 31,62%, ou seja, superior ao mínimo esperado, TMAR de 10%. Outro parâmetro que é possível se observar, que determina o sucesso do projeto, são que os valores de VPL, no período de 10 anos de produção, para TMAR de 20% e 30%, são superiores a 0.

4.2.5 Análise de Sensibilidade

Para análise de sensibilidade foi considerado como valor pessimista uma venda de apenas 90% do volume produzido, para valores bons 95%. Os valores ótimos, com venda de 100% do volume produzido foram apresentados anteriormente.

As Tabelas 18 e 19 apresentam os valores de VPL e de TIR para os valores bons e pessimistas, respectivamente.

Tabela 18 - Valores de VPL & TIR para valores bons (95% da produção total).

Ano	Fluxo Líquido acumulativo	VPL 10%	VPL 15%	VPL 20%	TIR	TMAR
1	-63422,71	-57657,01	-55150,18	-52852,26	16,06%	10%
2	-50766,11	-47197,01	-45579,98	-44062,95		
3	-38109,51	-37687,92	-37258,06	-36738,53		
4	-25452,91	-29043,29	-30021,60	-30634,85		
5	-12796,31	-21184,54	-23729,04	-25548,44		
6	-139,71	-14040,22	-18257,24	-21309,78		
7	12516,89	-7545,38	-13499,15	-17777,55		
8	25173,49	-1640,98	-9361,69	-14834,03		
9	37830,09	3726,65	-5763,89	-12381,10		
10	50486,69	8606,32	-2635,38	-10336,98		
11	73713,74	16747,26	2357,12	-7210,90		

Fonte: Própria.

Tabela 19 - Valores de VPL & TIR para valores pessimistas (90% da produção total).

Ano	Fluxo Líquido	VPL	VPL	VPL
------------	----------------------	------------	------------	------------

	acumulativo	10%	15%	20%	TIR	TMAR
1	-63422,71	-57657,01	-55150,18	-52852,26	-3,05%	10%
2	-59306,14	-54254,88	-52037,46	-49993,53		
3	-55189,56	-51162,04	-49330,75	-47611,25		
4	-51072,99	-48350,36	-46977,08	-45626,02		
5	-46956,41	-45794,29	-44930,42	-43971,66		
6	-42839,84	-43470,59	-43150,71	-42593,03		
7	-38723,26	-41358,14	-41603,13	-41444,17		
8	-34606,69	-39437,73	-40257,42	-40486,78		
9	-30490,11	-37691,90	-39087,23	-39688,96		
10	-26373,54	-36104,78	-38069,68	-39024,11		
11	-11686,51	-30957,07	-34912,80	-37047,42		

Fonte: Própria.

Ao analisarmos os resultados dos valores presentes líquidos sobre um TMAR de 10% os resultados para as análises boas e otimistas se apresentaram favoráveis ao projeto. Uma vez que ambas as análises possuem $VPL > 0$ dentro do período de projeto proposto, para 100% da capacidade produtiva $TIR > TMAR$, $31,62\% > 10\%$ e para capacidade produtiva de 95%, $TIR_{100\%} > TMA$, $31,62\% > 25,56\%$ tendo em conta que (SOUZA, 2017):

$$TMA = TMAR + h(\text{falhas}) \quad (10) \text{ sendo, } h = TIR_{100\%} - TIR_{95\%} \quad (11), \text{ ou seja:}$$

$$TMA = 10 + 15,62 = 25,56\% \text{ sendo, } h = 31,62 - 16,06 = 15,62\%.$$

Por outro lado, para a projeção pessimista, 90% da capacidade produtiva, o projeto não é viável economicamente, uma vez que $VPL < 0$, em todos os anos de análise e TIR possui valor negativo de -3,05% (MARQUEZAN, 2006; SOUZA, 2017).

Porém, se o valor de venda considerado for o valor médio de venda, R\$ 32,93, segundo a Tabela 15, a viabilidade econômica do projeto, segundo a Tabela 20, para uma processo de 100% do volume de produção, se torna superior a do projeto quando o valor de venda é o proposto no trabalho, ou seja, de R\$ 30,00, isso pode ser afirmando pois $TIR_{R\$ 32,93} = 59,25\%$ e $TIR_{R\$ 30,00} = 31,62\%$.

Isso acontece pois uma vez que o valor de venda é maior, mantendo-se o volume de produção, o lucro, bruto e líquido, obtido é superior ao que é estimado quando se tem um valor de venda com uma baixa margem de lucro, ou seja, a diferença entre o valor de venda e custo unitário é menor.

Tabela 20 - Valores de VPL & TIR para valores otimistas, para R\$ 32,93 (100% da produção total).

Ano	Fluxo Líquido acumulativo	VPL 10%	VPL 15%	VPL 20%	TIR	TMAR
1	-63422,71	-57657,01	-55150,18	-52852,26	59,25%	10%
2	-25544,57	-26352,76	-26508,87	-26548,00		
3	12333,57	2105,65	-1603,38	-4627,78		
4	50211,71	27976,92	20053,57	13639,07		
5	88089,85	51496,27	38885,70	28861,45		
6	125967,99	72877,49	55261,47	41546,76		
7	163846,13	92314,97	69501,27	52117,86		
8	201724,27	109985,40	81883,70	60927,10		
9	239602,41	126049,43	92651,03	68268,14		
10	277480,55	140653,09	102013,93	74385,67		
11	325929,15	157634,03	112427,62	80906,27		

Fonte: Própria.

Outro ponto que é observado, se for admitido o valor médio de venda, R\$ 32,93, é que desta forma, o projeto suporta uma diminuição para 90% e 95% do volume de produção, segunda a Tabela 21 e a Tabela 22. Isso acontece, pois, uma vez que o projeto possui maior margem de lucro, conseqüentemente, há maior margem para possíveis falhas durante a produção, ocasionando a diminuição do volume produzido, porém, mesmo com estes problemas, o sucesso do projeto não será afetado.

O sucesso do projeto em capacidades produtivas menores também pode ser confirmando pois para capacidade produtiva de 95%, $TIR_{100\%} > TMA$, $59,25\% > 25,29\%$ tendo em conta que (SOUZA, 2017):

$$TMA = TMAR + h(\text{falhas}) \quad (12) \text{ sendo, } h = TIR_{100\%} - TIR_{95\%} \quad (13), \text{ ou seja:}$$

$$TMA = 10 + 15,29 = 25,29\% \text{ sendo, } h = 59,25 - 43,96 = 15,29\%.$$

Já para a capacidade de produção para 90%, $TIR_{100\%} > TMA$, $59,25\% > 41,25\%$ tendo em conta que (SOUZA, 2017):

$$TMA = TMAR + h(\text{falhas}) \quad (14) \text{ sendo, } h = TIR_{100\%} - TIR_{95\%} \quad (15), \text{ ou seja:}$$

$$TMA = 10 + 31,25 = 41,25\% \text{ sendo, } h = 59,25 - 28 = 31,25\%.$$

Tabela 21 - Valores de VPL & TIR para valores bons, para R\$ 32,93 (95% da produção total).

Ano	Fluxo Líquido acumulativo	VPL 10%	VPL 15%	VPL 20%	TIR	TMAR
1	-63422,71	-57657,01	-55150,18	-52852,26	43,96%	10%
2	-34918,67	-34099,95	-33597,04	-33057,79		
3	-6414,63	-12684,45	-14855,17	-16562,39		
4	22089,41	6784,20	1442,11	-2816,23		
5	50593,45	24482,96	15613,66	8638,90		
6	79097,49	40572,75	27936,74	18184,85		
7	107601,53	55199,83	38652,46	26139,80		
8	136105,57	68497,17	47970,49	32768,93		
9	164609,61	80585,67	56073,11	38293,20		
10	193113,65	91575,21	63118,87	42896,76		
11	232188,14	105270,58	71517,67	48155,72		

Fonte: Própria.

Tabela 22 - Valores de VPL & TIR para valores pessimistas, para R\$ 32,93 (90% da produção total).

Ano	Fluxo Líquido acumulativo	VPL 10%	VPL 15%	VPL 20%	TIR	TMAR
1	-63422,71	-57657,01	-55150,18	-52852,26	28,00%	10%
2	-44292,77	-41847,14	-40685,20	-39567,58		
3	-25162,83	-27474,54	-28106,96	-28497,01		
4	-6032,89	-14408,53	-17169,35	-19271,54		
5	13097,04	-2530,34	-7658,39	-11583,65		
6	32226,98	8268,01	612,01	-5177,07		
7	51356,92	18084,69	7803,66	161,74		
8	70486,86	27008,95	14057,27	4610,76		
9	89616,80	35121,91	19495,20	8318,27		
10	108746,74	42497,33	24223,82	11407,86		
11	138447,13	52907,14	30607,72	15405,18		

Fonte: Própria.

5 CONCLUSÃO

1. Foi possível apresentar a sequência de etapas e procedimentos e equipamentos necessários para a construção da planta proposta a partir de estudos já feitos em prol da produção de etanol de segunda geração e a partir das tecnologias disponíveis no mundo para este tipo de processo de fabricação de etanol, sendo eles, os moinhos de rolo e faca, lona para secagem, tanques de pré-tratamento, descarte, hidrólise ácida, fermentação e coluna de destilação;
2. A partir disso, estimou-se de forma correta e prática o investimento total de R\$ 63.422,71 e custo de produção (CP), R\$ 163.041,16;
3. Com o estudo de rentabilidade comprovou que o projeto proposto é viável em condições otimistas, 100% da capacidade produtiva, visto que apresentou valores de $VPL > 0$ já no quinto ano, além disso tem TIR igual a 31,92%, o que é mais que três vezes o valor de TMAR, já que o mesmo tem valor fixo de 10%, no presente trabalho;
4. Já pela análise de sensibilidade em condições de 95% da capacidade produtiva, o projeto se mostrou viável economicamente, pois a partir do sétimo ano começou a apresentar valores de $VPL > 0$ e TIR de 16,06%. Para condições pessimistas, 90% de produção, o projeto apresentou problemas em sua viabilidade econômica, pois, em todos os anos apresentou $VPL < 0$. Já para a análise de sensibilidade para o preço de venda do material por R\$ 32,93, valor médio, o projeto se mostrou viável economicamente para as três condições de produção.

REFERÊNCIAS

- AGBOR, V. B.; CICEK, N.; SPARLING, R.; LEVIN, D.B. **Biomass pretreatment: fundamentals toward application**. *Biotechnology Advances*, v. 29, p.675–685, 2011;
- AGUIAR, C. M.; LUCENA, S. L. **Produção de celulases por *Aspergillus niger* e cinética de desativação celulósica**. *Acta Scientiarum Technology*, Maringá, v. 33, n. 4, p. 385–391, 2011;
- BAPTISTA, E. I. **Viabilidade Econômica da Co-Geração de energia no Setor Sucroalcooleiro**. 2002. 50 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis;
- BARBIERI, J. C; ÁLVARES, A. C.T; MACHLINE, C. **Taxa Interna de Retorno: controvérsias e interpretações**. *Gestão da Produção, Operações e Sistemas – Ano 2*, p. 131-142, vol. 5, 2007.
- BARBOSA C., Luís A. **Biomassa para energia**. Campinas, Sao Paulo. Unicamp. 2008. 736 p. Tablas, gráficos;
- BARRETO, T. V. **Otimização do dimensionamento de aparelhos para produção de álcool hidratado**. Maceió, 2008;
- BENEDETTI, SILVIA; AMANTE, EDNA R. REZZADORI, KATIA. **Proposições para Valorização de Resíduos do Processamento do Suco de Laranja**. UFSC, 2009;
- BOGAS, A. C. **Clonagem e expressão do gene da b-glicosidase da bactéria endofítica *Bacillus pumilus***.2005. 107f. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular) - Universidade Estadual de Londrina. 2005;
- BORGES, R. F. **Panela Furada: o incrível desperdício de alimentos no Brasil**. 3 ed. São Paulo: Columbus, 1991. 124 p;
- CAPEK-MENARD, E.; JOLLEZ, P.; CHORNET, E. **Pretreatment of waste paper for increased ethanol yields**. *Biotechnology Letters*, v. 14, n. 10, p. 985-988, 1992;
- CGEE. **Química verde no Brasil: 2010-2030** - Ed. rev. e atual. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010;
- CHIAVENATO, I. **Empreendedorismo: Dando asas ao espírito empreendedor**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2008.
- CHISTI, Y. **Biodiesel from microalgae beats bioethanol**. *Trends in Biotechnology*, v. 26, n.3, p. 126-131, 2008;
- CORTEZ, L. A. B., **Bioetanol de cana-de-açúcar**. Ed. Blucher, 992p, 2010;
- DAMODARAN, A. **Avaliação de Investimentos: ferramentas e técnicas para determinação do valor de qualquer ativo**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997;
- DELGADO, Y. L. **Plano de Negócio para Microcervejaria Artesanal**. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Administrativas). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

- DILLON, A., Celulases. In: SAID, S.; PIETRO, R. C. L. **Enzimas como agentes biotecnológicos**. Ribeirão Preto, Legis Summa, p. 243-270, 2004;
- EHRlich, P. J. **Engenharia Econômica**, 6. Ed. Atlas, 2005;
- EMBRAPA. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: polpa e suco de frutas**. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003;
- EMBRAPA. **Negócio agroindustrial: polpa e suco de frutas**. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008;
- FAO (2013) **Food wastage footprint: impacts on natural resources**. Food and Agriculture Organization for the United Nations, Rome, Italy;
- FELDER, R.M., ROUSSEAU, R.W. **Princípios Elementares dos Processos Químicos**. Editora Ltc. 3ª edição.2005;
- FIGUEIREDO. **Modelagem Matemática de um Sistema Estacionário de um real sistema de caustificação em uma fábrica de celulose**. 2009. 71f. Dissertação (Pósgraduação em Engenharia Industrial) Centro Universitário do leste de Minas Gerais, Coronel Fabriciano, MG;
- FOGLER, H.S. **Elementos de Engenharia das Reações Químicas**. 4ª Ed. LTC. Rio de Janeiro. 2009;
- GITMAN, L. J. **Princípios da Administração Financeira**. 7 ed. São Paulo: Harbra, 2002.
- GITMAN, L. J. **Princípio de Administração Financeira**, 10. Ed. Pearson Education, 2005;
- HAMELINK, C. N.; HOOIJDONK, G.V.; FAAIJ, A. P. C. **Ethanol from lignocellulosic biomass: Techno-economic performance in short-, middle- and long-term**. Biomass and Bioenergy, v. 28, p. 384-410, 2005;
- HARUN, R.; DANQUAH, M.K. **Influence of acid pre-treatment on microalgal biomass for bioethanol production**. Process Biochemistry, v. 46, p. 304-309, 2011;
- HIMMELBLAU, D.M.; RIGGS, J.B. **Engenharia Química: princípios e cálculos**. Rio de Janeiro. 7ª Edição. 2006;
- HO, S.; HUANG, S.; CHEN, C.; HASUNUMA, T.; KONDO, A.; CHANG, J. **Bioethanol production using carbohydrate-rich microalgae biomass as feedstock**. Bioresource Technology, v. 135, p. 191–198, 2013;
- JOHN, R. P.; ANISHA, G. S.; NAMPOOTHIRI, K. M.; PANDEY, A. **Micro and macroalgal biomass: A renewable source for bioethanol**. Bioresource Technology, v. 102, p. 186-193, 2011;
- KIM S.; HOLTZAPPLE, M. T. **Effect of structural features on enzyme digestibility of corn stover**. Bioresource Technology, v. 97, p. 583-591, 2006;
- KOBLITZ, M. G. B. **Bioquímica de Alimentos: Teoria e Aplicações Práticas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008;

- KORETSKY, M.D. **Termodinâmica para Engenharia Química**. LTC. 2007;
- LACERDA JUNIOR, José; NORONHA, Evelyn. **A feira manaus moderna: um espaço não-formal para o ensino de ciências**. Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências, [S.l.], v. 7, n. 13, p. 212-221, maio 2017. ISSN 1984-7505. Disponível em: <<http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/116>>. Acesso em: 17.03.2018;
- LEE, J. **Biological conversion of lignocellulosic biomass to ethanol**. Journal of Biotechnology, v. 56, p. 1-24. 1997;
- MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A.; SILVA, J. E. A. R, S. **Greenhouse gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020**". Biomass and Bioenergy, v. 32, p.582-595. 2008;
- MARQUEZAN, L. H. F. **Análise de Investimentos**. Revista Eletrônica de Contabilidade Curso de Ciências Contábeis, UFSM, Vol. 3 N°01, 2006.
- MAZZUCCO, M. M. **Introdução aos balanços de massa e energia**. Unisul –Engenharia Química. Disponível em:<http://www.eqm.unisul.br/prof/marcos/cursos/bme/Introducao_Balancos_Massa_e_energia.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2018;
- MOSIER, N.; WYMAN, C.; DALE, B.; ELANDER, R.; LEE, Y.Y.; HOLTZAPPLE, M.; LADISCH, M. **Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass**. Bioresource Technology, v. 96, n.6, p. 673 – 686, 2005;
- NYKO, D. et al. **A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada**. BNDES Setorial, n. 32, p. 5-48, 2010;
- PETERS, M. S. TIMMERHAUS, K. D. **Plant design and economics for chemical engineers**. Mc Graw Hill International editions. 4th ed. New York, San Francisco, 1991.
- PITARELO A.P. **Avaliação da susceptibilidade do bagaço e da palha de cana-de-açúcar à bioconversão via pré-tratamento a vapor e hidrólise e enzimática**. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 125f., 2007;
- REIS, D. C. **Pesquisa e desenvolvimento de um hidratante com extrato e óleo essencial de aniba canelilla com aplicação industrial**. Monografia (Graduação em Engenharia Química). Universidade do Estado do Amazonas, Escola Superior de Tecnologia, Manaus, 2014.
- SAHA, C. B. L.; ITEN, L. B; COTTA, M. A.; WU, Y. V. **Dilute acid pretreatment, enzymatic saccharification and fermentation of wheat straw to ethanol**. Process Biochemistry, n. 40, p. 3693–3700, 2005;
- SANVICENTE, A. Z. **Administração Financeira**. 3. Ed. Atlas, 1995
- SILVA, J. P. **Análise Financeira das Empresas**. 9. Ed. Atlas, 2008;
- SILVA, N. L. C. **Produção de Bioetanol de Segunda Geração a partir de Biomassa Residual da Indústria de Celulose**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010;

- SOUZA, L. P. **Análise de viabilidade econômico-financeira de uma microcervejaria artesanal na cidade de Porto Alegre**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- SULLIVAN, W. G.; WICKS, E. M.; LUXHOJ, J. T. **Ingeniería económica**. 12. Ed. México: Pearson Educación, 2004.
- SZENGYEL, Z. **Ethanol form wood cellulose enzyme production**. Sweden: Dept. of Chemical Engineering, Lundy University, 2000;
- ULRICH, G. D. **Diseño y economía de los procesos de la ingeniería química**. Nueva Editorial Interamericana S.A.de C.V. México. 1986;
- VAN, H. J. C. **Política e Administração Financeira**, 12. Ed. LTC, 2001;
- VASCONCELLOS, M. A. S.; GARCIA, M. E. **Fundamentos de economia**. 3 ed. – São Paulo: Saraiva, 2008.
- VENTURINI FILHO, W. A.; CEREDA, M.P.; AQUARONE, E.; BORZANI W.; SCHMIDELL W.; LIMA; A. U. **Biotecnologia Industrial– Biotecnologia na Produção de Alimentos**. 4º ed. São Paulo: Edgard Blücher. p. 91-143. 2001
- WESTON, J. F.; BRIGHAM, E. F. **Fundamentos da Administração Financeira**. 10. Ed. Makron, 2000.
- YUAN, ZHANG. **Sistema para pré-tratamento de bagaço de cana-de-açúcar**. Brasília, 2016.