INDÚSTRIA DE CELULOSE *FLUFF* DE FIBRA CURTA: VIABILIDADE ECONÔMICA E POTENCIAL ENERGÉTICO

SHORT FIBER *FLUFF* CELLULOSE INDUSTRY: ECONOMIC VIABILITY AND ENERGY POTENTIAL

VALENTIM, Luana Cristina Gomes^{1,2,4}; LUCENA, Helena de Andrade Nogueira^{1,2,4}.
AMARAL, Igor Brumano Coelho^{1,2}; COUTO, Luiz Carlos^{1,3}; REIS, Arlete Barbosa^{1,2,4*}.

¹ Federal University of Vales do Jequitinhonha e Mucuri, MGT 367 Highway- Km 583, 5000, Alto da Jacuba, zip code 39100-000, Diamantina – MG, Brazil, (phone: +55 38 3532 1200; +55 38 3532 6800)

² Science and Technology Institute,

³ Forest Engineering Department

⁴ Chemistry Engineering Department,

* Corresponding author

e-mail: arlete.reis@ict.ufvjm.edu.br

Received 11 April 2018; received in revised form 03 June 2018; accepted 10 June 2018.

RESUMO

A indústria de celulose *fluff* de fibra curta, embora sendo ainda uma tecnologia recente no Brasil, dada sua utilização no mercado de absorventes e fraldas descartáveis, vem se destacando de maneira crescente nos últimos anos. Não obstante à busca por fontes alternativas de obtenção de celulose com maior grau de pureza, o presente trabalho teve como objetivo também a redução de impactos ambientais focando na produção de energia através da substituição dos combustíveis fósseis pelos resíduos gerados no processo, como a biomassa e licor negro. Com isso, foi viabilizada a implementação de uma indústria de celulose *fluff* no município de Teófilo Otoni/MG. O estudo seguiu a metodologia de processo produtivo envolvendo a separação da celulose dos outros componentes das fibras de madeira tais como hemicelulose e lignina, utilizando, para tanto, madeira de fibra curta. No âmbito desse contexto, foi possível concluir que, estabelecendo-se a alvura do produto entre 85 a 95%, este apresentará 90% de fibras e 10% de água na sua composição final. Dessa forma, o projeto industrial tem a previsão de produzir 62,5 ton/h de trabalho (operando 24h por dia) e, através de análise econômica, percebeu-se o retorno de investimento no período de quatro meses.

Palavras-chave: *Processo Produtivo, Grau de Pureza, Análise Econômica.*

ABSTRACT

The short fiber *fluff* cellulose industry, although it is still a recent technology in Brazil, given its use in the market for absorbent and disposable diapers, has been increasing in recent years. Regardless of the search for alternative sources of obtaining pulp with a higher degree of purity, the present work also aimed at reducing environmental impacts, focusing on the production of energy, replacing fossil fuels with waste generated in the process, such as biomass and black liquor. Making possible the implementation of a *fluff* pulp industry in the municipality of Teófilo Otoni/MG. The theoretical study followed the production process methodology involving the separation of cellulose from the other components of wood fibers, such as hemicellulose and lignin, using for that, wood short fiber. Within this context, it was possible to conclude that, with the product having a brightness of 85-95%, it will present 90% fibers and 10% water in its final composition. It is also anticipated that the industry will operate 24 hours daily. In this way, the industrial project is expected to produce 62.5 ton / h of work and through economic analysis, the return on investment was realized in the four-month period.

Keywords: *Productive Process, Purity Degree, Economic Analysis.*

INTRODUÇÃO

A produção de celulose de fibra curta a partir do eucalipto teve início em 1955 pela companhia Suzano Papel e Celulose em fase experimental. No entanto, foi em 1961 que, no Brasil, foi fabricado, pela primeira vez no mundo, um papel totalmente produzido de fibra curta (Hilgemberg e Bacha, 2001).

A disponibilidade do eucalipto no mercado fez com que a produção brasileira de celulose de fibra curta passasse de 1590 toneladas, em 1950, para 51900 toneladas em 1956. No momento pós-guerra, as locomotivas passaram a utilizar óleo diesel e tração elétrica, diminuindo a demanda de madeira como combustível, e o governo paulistano, que já possuía reservas de eucalipto para alimentar as caldeiras dessas locomotivas, passou a fornecer eucalipto como matéria-prima para as indústrias de papel e celulose. Diante disso, a importação de celulose, reduziu de cerca de 73,7% em 1950 para 28,8% em 1960 (Soto, 1992).

A partir da década de 70, a indústria brasileira teve sua participação significativamente incrementada devido à implantação do Segundo Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), feito para enfrentar a crise oriunda do aumento do preço do petróleo, que levou à política de substituição das importações pelas exportações. Consequentemente, no fim da década, em 1977, surgiu o Primeiro Plano Nacional de Papel e Celulose (I PNPC), com o intuito de estimular o crescimento da produção nacional através de subsídios (Mattos e Juvenal, 2002).

Dentro da ótica da política de substituição de importações, um dos setores em foco foi o de papel e celulose. O setor realizou investimentos equivalentes a US\$ 6,1 bilhões entre 1989 e 1993, com projetos em execução no valor de US\$ 1,5 bilhão e outros em estudo que poderiam representar investimentos de US\$ 4,4 bilhões até o final do século, estando todos na dependência da melhoria dos preços internacionais do papel e da celulose, da estabilidade econômica do país e de financiamentos de longo prazo (Silva *et al.*, 2010).

Para esse setor, segundo Coelho e Coelho (2013), a última década foi o momento de concentração industrial, em que as grandes empresas internacionais ampliaram seus canais

de distribuição e intensificaram a operação em mercados com elevados potenciais de crescimento.

O setor de papel e celulose no Brasil vem apresentando sucessivos movimentos de expansão de sua capacidade produtiva. Projeções da Associação Brasileira de Celulose e Papel (Bracelpa) apontam uma produção de 22 milhões de toneladas de celulose em 2020, tornando o País o segundo produtor mundial da commodity. Para os papéis, as projeções indicam um crescimento menor da produção no período, elevando-a para a casa de 12 a 13 milhões de toneladas (Bracelpa, 2017).

Dessa forma, pode-se inferir que, no geral, os resultados revelam que a indústria de celulose vem ganhando espaço no âmbito do comércio internacional, diante de uma nova redistribuição espacial da produção, em função do obsolescimento das indústrias europeias, norteamericanas e canadenses e da inserção da celulose de fibra curta nos diferentes estágios de produção (Coelho e Coelho, 2013). Segundo Montebello e Bacha (2013), o Brasil é competitivo no mercado internacional em produtos de baixo valor agregado, como os papéis sulfite ou off-set não revestidos e papéis para embalagens da linha kraft, assim como a celulose de fibra curta. Os autores afirmam que, no caso da celulose de fibra curta, 65% de sua produção nacional tem, atualmente, como destino o mercado externo.

A celulose utilizada no processo de produção pode ser caracterizada de acordo com o comprimento da fibra, podendo ser curta ou longa. O mercado internacional de celulose *fluff* tem desenvolvido os seus produtos a partir da celulose de fibra longa, uma vez que a celulose *fluff* de fibra curta encontra-se em fase de aprimoramento. Apesar de ainda não ser capaz de substituir totalmente a celulose *fluff* de fibra longa, o novo produto é viável para substituí-la em até 70% em algumas aplicações (Celulose Online, 2015). Dessa maneira, a partir de análises das principais tendências que movimentam o mercado nacional e mundial, a indústria de celulose *fluff* de fibra curta surge com o propósito de substituir a celulose *fluff* de fibra longa.

A celulose do tipo *fluff* é utilizada, principalmente, nos segmentos de absorventes e fraldas descartáveis, pela alta capacidade de

absorção que oferece e, em 2014, segundo a consultoria RISI (*Pulp and Paper Industry Intelligence*), o mercado brasileiro de celulose fluff demandou cerca de 292 mil toneladas, sendo atendida apenas por importações. Nos próximos cinco anos, a demanda global de fluff deve crescer aproximadamente 3,7% ao ano; no Brasil, para o mesmo período, esse crescimento pode chegar a 4,3% ao ano (Celulose Online, 2015).

No âmbito nacional, Minas Gerais caracteriza-se como um dos principais produtores brasileiros de celulose branqueada de fibra curta. Somente no ano de 2009, o setor de base vegetal respondeu por 53,7% do agronegócio mineiro. Destes, destacam-se 16,5% de participação do setor de celulose e papel, com 17,55 milhões de reais. Além disso, o estado apresenta a maior porcentagem de área plantada de eucalipto do país (Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico do estado de Minas Gerais – SEDE/MG, 2010).

Como o mercado de celulose de fibra curta ainda se encontra na fase de implantação, o principal objetivo deste trabalho se tornou, então, projetar, teoricamente, uma indústria de celulose de fibra curta do tipo *fluff* no estado de Minas Gerais. Para tanto, fez-se necessário, definir a localização da indústria, realizar os balanços de massa e energia referentes ao projeto, estudos acerca da viabilidade econômica e gasto energético, bem como dos danos e impactos sociais, ambientais e econômicos e dimensionamento dos equipamentos que deveriam ser utilizados durante o processo. O fluxograma apresentado na Figura 1 mostra o ciclo de produção da celulose *fluff* dentro da indústria.

A cidade de Teófilo Otoni – Minas Gerais foi a cidade escolhida para sediar a indústria de celulose *fluff*, por apresentar localização privilegiada em relação ao fornecimento de matéria-prima e ao escoamento da produção. No âmbito desse contexto, as pesquisas realizadas ao longo do trabalho foram embasadas nos seguintes autores: Juvenal e Mattos (2002), Browning (1963), Hilgemberg e Bacha (2001), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES, 2006), Associação Brasileira de Celulose e Papel (BRACELPA) (2016) e Canson (2016), com a realização de estudos bibliográficos acerca do processo produtivo da celulose *fluff*, bem como o estudo da

rentabilidade, implementação e aplicabilidade desse segmento da celulose.

O Estudo de Viabilidade Econômica é de extrema importância, pois é a partir dele que se torna possível avaliar a aplicabilidade de um projeto frente ao mercado, dando uma maior segurança para que o mesmo seja executado (Fluxo Consultoria, 2017). Os resultados foram embasados em análises dos dados obtidos através dos balanços, dos dimensionamentos e das viabilidades econômica e ambiental. Com isso, pode-se apresentar possíveis melhorias do processo já existente de maneira a reduzir custos, perdas e aumentar a produtividade. De acordo com a necessidade que uma empresa desse porte requer, os valores dos equipamentos, suportes e recursos humanos aqui considerados, puderam ser estimados. (Hoffelder, 2011).

MATERIAIS E MÉTODOS

Abaixo são descritos os processos de análise das viabilidades de mercado, do processo produtivo, econômicas e comerciais.

2.1. Estudo de Mercado

O estudo de mercado é uma ferramenta fundamental para se obter informações valiosas sobre o mercado em que atua ou que pretende dar início. É a partir desse estudo, que se torna possível adquirir um maior conhecimento sobre os clientes, concorrentes e fornecedores, evitando, dessa forma, investimentos inadequados, e tornando o produto mais rentável (SEBRAE, 2013). De acordo com o Departamento de Pesquisa e Estudos Econômicos (DEPEC, 2017) o preço de mercado da celulose convencional gira em torno de US\$ 235 por tonelada. Uma vez que não foi encontrada nenhuma referência com relação à celulose *fluff*, foi necessário estabelecer uma estimativa para o preço da mesma, considerando que, apesar de a celulose em questão requerer maiores investimentos, ela é favorecida pelo plantio do eucalipto no Brasil. Portanto, optou-se em extrapolar o valor em 5%. Sendo assim o preço de mercado da tonelada de celulose *fluff* adotado foi de US\$ 246,75. Partindo desse pressuposto, foi possível estimar, identificar e determinar os investimentos dos custos operacionais fixos e variáveis.

2.1.1 Identificação de custos operacionais fixos e variáveis

Inicialmente, fez-se necessário identificar todos os prováveis custos fixos e variáveis. Os custos fixos são aqueles que não têm ligação com o nível de produção ou atendimento. Eles irão existir mesmo que não haja produção. Os custos variáveis, por sua vez, são dependentes do volume de produção ou atendimento, e, portanto, acompanham esses dois indicadores (SEBRAE-DF, 2009).

2.1.2 Determinação dos investimentos fixos e variáveis

Para a implementação e funcionamento de uma empresa é indispensável a realização do estudo de investimentos para estimar o total de recursos financeiros necessários. Em geral, a determinação desses investimentos se baseia em fixos e variáveis. Os investimentos fixos estão relacionados a todos os custos de implementação da indústria, e compreende gastos com terreno, máquinas e equipamentos, móveis e utensílios, entre outros gastos pré-operacionais. Já os investimentos variáveis compreendem os recursos financeiros que permitem que a empresa comece a funcionar, como a aquisição de matéria-prima, pagamento de impostos e fornecedores, e demais despesas operacionais (SEBRAE-DF, 2009). Assim sendo, fez-se o levantamento dos equipamentos necessários para operar o empreendimento e o levantamento dos equipamentos de proteção individual e coletiva dos trabalhadores. A partir desse levantamento foram efetuados os orçamentos de investimento fixo e investimento variável da empresa.

2.1.3 Fluxo de caixa

O fluxo de caixa é uma ferramenta que auxilia as empresas a visualizarem todas as entradas e saídas de recursos financeiros em um período pré-determinado. Essa previsão financeira tem como propósito obter as possibilidades de sucesso do investimento, dando suporte ao empresário na melhoria dos seus negócios e evitando possíveis prejuízos (SEBRAE, 2013). Para empresa de celulose *fluff* de fibra curta, considerou-se o período de um mês, onde foram analisados os lucros e gastos que a mesma consegue arrecadar nesse intervalo de tempo.

2.1.4 Gasto Mensal

Os custos de produção e comercialização serão determinados a partir de todos os custos fixos e variáveis, que tem, portanto, influência direta no preço final do produto de interesse. Os custos fixos estão correlacionados com os gastos que independem do processo produtivo e da venda do produto, como, por exemplo, as contas de água, luz e internet, salário dos funcionários, aluguel entre outros. Já o custo variável irá depender do volume de produção, e compreende as despesas com as matérias-primas e impostos (SEBRAE, 2016). Para a produção de celulose, os custos de produção podem ser estimados a partir da Figura 2, que apresenta o gráfico da produção mensal de celulose.

Referência: DEPEC, 2017

Figura 2. Gráfico da produção de celulose

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O levantamento de investimento fixo, resultou no montante igual a R\$ 28.561.117,19 para a relação dos seguintes itens: esteiras transportadoras 01 e 02, picador de disco com múltiplas facas, peneira vibratória, secador, reatores, digestor, hidrociclones, lavadores Drum Displacer, trocadores de calor, bombas, válvulas, computadores, impressoras multifuncionais, conjunto de móveis da recepção, escritório e sala de controle, utensílios escritório e automóveis.

Para o investimento variável, o levantamento resultou em R\$ 21.860,95 referentes à relação de equipamentos de proteção individual e coletiva, tais como: capacetes, protetores auditivos, óculos de proteção, luvas, calçados, cinturões de

segurança com dispositivo trava-queda, extintores, mangueiras de incêndio, kites de primeiros socorros, hidrantes, sistemas de sinalização de segurança e sensores de alerta de entrada e saída de veículos.

A partir da relação de valores, e sabendo que o território no qual a indústria será implantada, assim como o gasto com a construção, estimado em R\$2.500.000,00, tem-se que o valor total gasto para implementação da indústria de celulose *fluff* será de R\$31.082.978,14.

Com base nas Tabelas 1 e 2, foi possível obter o custo operacional, que para a indústria em questão será de R\$ 27.839.157,42. O número de funcionários foi estimado para um período de funcionamento que compreende 3 turnos, onde apenas os técnicos de operação, operadores, porteiros e seguranças exercerão as suas funções a partir de escalas, os demais funcionários atuarão em horário comercial.

No que tange ao processo produtivo, para atender a produção diária de 1500 toneladas de celulose *fluff*, faz-se necessária a quantidade de 3.700 toneladas de madeira por dia.

Tabela 1. Relação dos custos fixos

Especificação	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Engenheiro Químico Supervisor	3	5.300,00	15.900,00
Chefe Administrativo	1	2.300,00	2.300,00
Técnico de Operação	3	2.000,00	6.000,00
Técnico em Mecânica	2	2.000,00	4.000,00
Técnico em Elétrica	1	2.000,00	2.000,00
Técnico Meio Ambiente	1	2.000,00	2.000,00
Analista de RH	1	2.000,00	2.000,00
Auxiliar administrativo	2	1.200,00	2.400,00
Operador	45	1.200,00	54.000,00
Porteiro	3	987,00	2.961,00
Segurança	3	987,00	2.961,00
Auxiliar Serviços Gerais	6	987,00	5.922,00

Água	-	350.000,00	350.000,00
Energia elétrica	-	10.000,00	10.000,00
Internet e telefone	-	3.000,00	3.000,00
Total			475.644,00

Referência: Autoria própria

Tabela 2. Relação dos custos variáveis

Especificação	Valor (R\$)
Madeira	13.875.000,00
Produtos Químicos	7.252.840,91
Combustíveis	2.522.727,27
Manutenção de equipamentos	3.712.945,23

Referência: Autoria própria

Receita: A receita bruta de uma indústria é dada pela renda total que essa consegue adquirir com a venda de seus produtos. Para indústria em questão, o preço da tonelada de celulose *fluff* adotado é de US\$ 246,75. Tomando como base a cotação do dólar em 28/08/2017, que era de R\$3,16 o valor da tonelada de celulose *fluff* seria, portanto, de R\$779,73. Considerando que a fábrica irá produzir 62,5 toneladas de celulose *fluff* por hora, e que deve operar 24 horas por dia, ter-se-á uma produção mensal de 45000 toneladas. A partir desses valores, torna-se possível estimar a receita bruta mensal, um valor de R\$35.087.850,00. O valor total das despesas dessa empresa no período de um mês pode ser obtido a partir dos custos fixos e variáveis, já calculados anteriormente. A Tabela 3 explicita esses valores.

Tabela 3. Custos fixos e variáveis

Custos fixos	R\$ 475.644,00
Custos variáveis	R\$ 27.363.513,42
Total	R\$ 27.839.157,42

Referência: Autoria própria

A partir dos valores obtidos para o rendimento mensal da empresa, e dos custos fixos e variáveis para esse mesmo período, faz-se o cálculo da receita líquida, que é dada pela diferença entre a receita bruta e os custos fixos e variáveis, dessa forma essa será de R\$7.248.692,58. Para o período de um ano, a renda líquida anual é estimada em R\$86.984.311,00.

Retorno do Investimento: Uma vez que o investimento estimado foi de R\$31.082.978,14 para instalação da fábrica, e que a receita líquida anual é de R\$86.984.311,00, espera-se um retorno sobre o investimento após 4 meses de operação.

Plano Produtivo: Com base em pesquisas nas empresas do segmento de celulose, foi possível estabelecer a produção diária de 1500 toneladas, ou seja, uma produção mensal de aproximadamente 45 mil toneladas de celulose *fluff* e anual de 540 mil toneladas. Estabeleceu-se também o período produtivo, que será dado de forma contínua durante 24h por dia, com paradas programadas para manutenção de cinco a dez dias anualmente (DEPEC, 2017).

Balanco Energético: No estudo da implantação de uma indústria de quaisquer seguimentos, o balanço energético tem por objetivo principal analisar o rendimento das caldeiras e quantificar suas perdas no sistema, fato este intimamente relacionado à indicação do quanto o rendimento de um equipamento se aproxime do ideal. Logo sugere-se que tal equipamento trabalhe com alto rendimento, mantendo sua eficiência ao máximo, ou seja, existe a pretensão de que haja a eficiência energética do processo. Dentro desse contexto, a fase de concepção e desenho do sistema de distribuição de vapor merece especial atenção no que tange a estreita relação entre a demanda e a perda de carga admissível. Muitas vezes, alterar ou otimizar uma operação já existente, com vistas à recuperação de resíduos de um mesmo setor ou processo, vem a ser uma alternativa de sucesso e grande interesse para as indústrias.

De modo geral, a eficiência energética de um sistema é a indicação do quanto um equipamento real aproxima-se de seu comportamento ideal, no qual não existem perdas. A busca para minimizar as perdas é constante, pois elas significam maiores custos. Com isso, nos mais diversos setores industriais, procura-se sempre trabalhar com equipamentos de alto rendimento mantendo a eficiência em um nível máximo (ELETROBRÁS, 2005).

Na indústria de celulose, por exemplo, uma alternativa que já vem sendo utilizada é a substituição dos combustíveis fósseis comumente utilizados nas caldeiras pelos resíduos gerados no processo. Rocha (2009) cita que além da combustão ou queima direta da

madeira e resíduos (licor negro) para a geração de energia térmica e elétrica, outras rotas tecnológicas podem ser empregadas com a finalidade de elevar eficiência energética ou gerar produtos de maior valor agregado.

Caldeira de Biomassa: A caldeira de biomassa é responsável, juntamente com a caldeira de recuperação, por suprir a demanda de vapor da planta de celulose. São três as principais fontes de biomassa a serem queimadas na caldeira de biomassa no processo produtivo da celulose: o picador de cavacos e a depuração. Do balanço de massa, considerando que cerca de 25% da biomassa inicial é destinada à caldeira de biomassa, temos que a soma das massas totais, as massas de água e as massas secas dessas correntes são dadas pelas Equações 1, 2 e 3:

$$M_{total} = 3.605.700 \frac{kg}{dia} \times 0,25 = \frac{901.425kg}{dia} \quad (Eq.1)$$

$$M_{água} = 721.700 \frac{kg}{dia} \times 0,25 = \frac{180.425kg}{dia} \quad (Eq.2)$$

$$M_{seca} = 2.884.000 \frac{kg}{dia} \times 0,25 = \frac{721.000kg}{dia} \quad (Eq.3)$$

A quantidade de calor liberada pela combustão da matéria orgânica presente na biomassa pode ser calculada pela Equação 4.

$$Q = M_{biomassa} \times PCI \quad (Eq.4)$$

Considerando o PCI da biomassa igual ao PCI de cavacos de eucalipto (PCI = 4.300kcal/kg), e considerando um rendimento de 70%, calcula-se através da Equação 5.

$$Q = 721.000 \frac{kg}{dia} \times 4300 \frac{kcal}{kg} \times 0.7 \times \left| 0,00116222 \frac{kWh}{kcal} \right| = 2.522.261,47 \frac{kWh}{dia} \quad (Eq.5)$$

A massa de vapor gerado com esse calor é calculada pela Equação 6:

$$Q_{util} = M_{vapor} (H - h) \times n \quad (Eq.6)$$

onde H é a entalpia do vapor na corrente de saída; h, a entalpia do liquido na corrente de entrada; n, a eficiência do processo; e M_{vapor} , a massa de vapor fornecida pela caldeira.

Para uma corrente de água saturada a temperatura ambiente (aproximadamente 25°C)

tem-se $h = 104,89 \text{ kJ/kg} = 0,029 \text{ kWh/kg}$. Para uma corrente de vapor superaquecido a 480°C e 80 bar tem-se $H = 3.340 \text{ kJ/kg} = 0,93 \text{ kWh/kg}$, logo, segundo a Equação 7, a massa de vapor fornecida é:

$$M_{\text{vapor}} = \frac{\frac{2.522.261,47 \text{ kg}}{\text{dia}}}{0,93 - 0,029} = 2.799.402,29 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} \quad (\text{Eq.7})$$

Para a primeira turbina, a quantidade de energia que pode ser gerada por esse vapor é dada também pela Equação 6. Desta forma, para uma corrente de saturado a 200°C tem-se $h = 2.793,2 \text{ kJ/kg} = 0,78 \text{ kWh/kg}$ e, considerando-se uma eficiência de 80%, a Equação 8 fornece o valor do consumo diário de energia ($W1$):

$$W1 = \frac{2.799.402,29 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}}{(0,93 - 0,78)} \times 0,8 = \frac{335.928,3 \text{ kWh}}{\text{dia}} \quad (\text{Eq.8})$$

Uma segunda turbina é acionada pelo vapor gerado na caldeira de recuperação. O vapor entra superaquecido a 500°C e 10000kPa, e sai superaquecido a 200°C e 800kPa. Sabe-se que cerca de 7 a 8% da biomassa inicial é destinada para caldeira de recuperação, dessa forma tem-se que:

$$M_{\text{total}} = 3.605.700 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} \times 0,07 = 252.399 \text{ kg/dia} \quad (\text{Eq.9})$$

$$M_{\text{água}} = 721.700 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} \times 0,07 = 50.519 \text{ kg/dia} \quad (\text{Eq.10})$$

$$M_{\text{seca}} = 2.884.000 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} \times 0,07 = 201.880 \text{ kg/dia} \quad (\text{Eq.11})$$

Considerando novamente o PCI da biomassa igual ao PCI de cavacos de eucalipto e um rendimento entre 75% e 80%, calcula-se, conforme a Equação 12 o consumo diário de energia (Q) e, conforme a Equação 13 a massa de vapor.

$$Q = 201.800 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} \times 4300 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \times 0,795 \times \left| \frac{0,00116222 \text{ kWh}}{1 \text{ kcal}} \right| = 802028,76 \frac{\text{kWh}}{\text{dia}} \quad (\text{Eq.12})$$

$$M_{\text{vapor}} = \frac{802.028,76 \text{ kWh/dia}}{0,93 - 0,78} = 5.346.858,4 \text{ kg/dia} \quad (\text{Eq.13})$$

Para a corrente de entrada tem-se $H = 3.360,94 \text{ kJ/kg} = 0,93 \text{ kWh/kg}$ e para a corrente de saída, $h = 2893,3 \text{ kJ/kg} = 0,8 \text{ kWh/kg}$. Para uma eficiência de 80%, calcula-se pela Equação 14 o consumo diário de energia ($W2$).

$$W2 = 5.346.858,4 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} \times (0,98 - 0,8) \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \times 0,8 = 556.073,3 \text{ kWh/dia} \quad (\text{Eq.14})$$

Do relatório da Associação Brasileira Tecnológica de Celulose e Papel (2008), uma fábrica de celulose no Brasil consome cerca de 700 kWh/tonelada de celulose. Para uma produção diária de 1500 toneladas de celulose, tem-se, consoante a Equação 15:

$$\text{Consumo} = 700 \frac{\text{kWh}}{\text{t de celulose}} \times 1500 \text{ t de celulose} = 1.050.000 \frac{\text{kWh}}{\text{dia}} \quad (\text{Eq.15})$$

A geração de energia elétrica a partir de biomassa e licor negro é dada pela Equação 16 e a porcentagem de energia elétrica proveniente da queima de biomassa e licor negro, pela Equação 17.

$$\text{Energia gerada} = \frac{335.928,3 \text{ kWh}}{\text{dia}} + \frac{556.073,3 \text{ kWh}}{\text{dia}} = \frac{892.001,6 \text{ kWh}}{\text{dia}} \quad (\text{Eq.16})$$

$$\frac{892.001,6 \text{ kWh/dia}}{1.050.000 \text{ kWh/dia}} \times 100 = 84,9\% \quad (\text{Eq.17})$$

Dessa forma, a queima de biomassa e licor negro é responsável por quase 85% da energia elétrica necessária para operação da indústria, e o restante deve ser proveniente da adição de gás natural à caldeira de biomassa, prática já efetuada pelas indústrias do setor.

CONCLUSÕES

Dado o fato de a produção de celulose *fluff* de fibra curta ser uma tecnologia ainda nova, tanto no Brasil como em outros países, viu-se que a disponibilidade da matéria prima, assim como toda a logística do processo produtivo viabilizam a implementação de uma indústria nesse ramo na cidade de Teófilo Otoni. Nesse contexto, é possível verificar ainda que, no Brasil, as indústrias que produzem apenas celulose, destinam a maior parte da sua produção (67%) para o mercado externo (DEPEC, 2017). Assim sendo, a indústria em questão além de atender o mercado interno, deve buscar exportar grande

parte da sua produção, atendendo seu público-alvo, os produtores dos segmentos de fraldas e absorventes, principalmente.

Considerando uma produção de 62,5 ton/h de celulose *fuff*, com a fábrica em operação de 24h diariamente foi possível mensurar a proporção de todos os demais componentes necessários para efetivação da produção. Estabeleceu-se também que a alvura do produto estará compreendida entre 85 à 95% e este apresentará 90% de fibras e 10% de água na sua composição final.

A partir do estudo da viabilidade econômica, considerando todos os gastos mensais, custos de investimentos e lucros, pôde-se verificar que se a empresa fosse implantada, essa teria um retorno dos seus investimentos após, aproximadamente, 4 meses. Portanto, levando em consideração a proposta do desenvolvimento desse projeto, conclui-se que o mesmo foi realizado com sucesso.

REFERÊNCIAS

1. Associação Brasileira de Celulose e Papel – BRACELPA. Disponível em: <www.bracelpa.org.br>. Acesso em 9 jul. 2016.
2. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES. 2006. Panorama de mercado: celulose. 2014. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>>. Acesso em 5 jul. 2016.
3. Browning, B. L. The chemistry of wood. New York, Interscience, 1963.
4. Canson, Dados sobre história do papel. Disponível em: <http://www.canson.com.br/historia/historia_papel.asp>. Acesso em 6 jul. 2016.
5. Celulose Online. Introdução ao Processo de Obtenção de Celulose. 2015 Disponível em: <<http://www.crq4.org.br/sms/files/file/dc417.pdf>>. Acesso em 5 jul. 2016.
6. Coelho, M. R. F.; Coelho, M. H. Panorama da indústria de celulose e papel no Brasil: 2001 a 2011. Floresta, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 463 - 474, jul./set. 2013.
7. DEPEC - Departamento de Pesquisa e Estudos Econômicos. Papel e Celulose. Bradesco, novembro de 2017.
8. Hilgemberg, E. M.; Bacha, C. J. C. A evolução da indústria brasileira de celulose e sua atuação no mercado mundial. Revista Análise Econômica, Rio Grande do Sul, Ano 19, n. 36. 2001.
9. ELETROBRÁS - Centrais Elétricas Brasileiras. Eficiência energética no uso de vapor. Rio de Janeiro. Eletrobrás, 2005.
10. Fluxo Consultoria. Etapas do estudo de Viabilidade Econômica. 2015. Disponível em: <<http://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/ge-stao-empresarial/estudo-viabilidade-economica-financeira>>. Acesso em 07 ago. 2017.
11. Hoffelder, J. Pellets de bagaço de cana-de-açúcar na matriz energética. 2011. 51 f. TCC (Graduação em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
12. Juvenal, T.; Mattos, R. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. BNDES Setorial, Rio de Janeiro. 2002.
13. Mattos, R. L. G; Juvenal, T. L.: O setor de celulose e papel. 2002. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home>>. Acesso em 03 set. 2016.
14. Montebello, A. E. S.; Bacha, C. J. C. Impactos da reestruturação do setor de celulose e papel no Brasil. Est. Econ., São Paulo, vol.43, n.1, p.109-137, jan./mar. 2013
15. SEDE, Secretaria de Estado de Desenvolvimento econômico. 2010. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.mg.gov.br/pdf>>. Acesso em 20 mai. 2016.
16. SEBRAE-DF. Feira do empreendedor: Bons ventos para o seu negócio. 2009. Disponível em: <<http://intranet.df.sebrae.com.br/download/OportunidadesFeiraEmpreendedor2009/08ClinicadeEst%C3%A9tica2009.pdf>>; Acesso em 7 ago. 2017.
17. SEBRAE. O que são custos fixos e custos variáveis. 2016. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/ap/artigos/o-que-sao-custos-fixos-e-custos-variaveis,69cb1e2c6182c410VgnVCM100003b74010aRCRD>>; Acesso em: 7 ago. 2017.
18. Silva, J. C. G. L.; Almeida, A. N.; Hildebrand, E.; Sawinski Júnior, J.;

- Lacowicz, P. G. Estratégias de posicionamento no mercado internacional das empresas brasileiras de papel e celulose. *Floresta*, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 801-812, out./dez. 2010.
19. Soto, B. F. A. Da indústria do papel ao complexo florestal no Brasil: o caminho do corporativismo tradicional ao neocorporativismo. Tese (Doutorado) UNICAMP. Campinas, 1992.
20. Rocha, J. D. Biorrefinarias integrarão novas rotas para aproveitamento integral da biomassa florestal. Embrapa Agroenergia, 2009.

Referência: Autoria Própria

Figura 1. Fluxograma representativo do ciclo de produção da celulose fluff