

SIMBIOSE INDUSTRIAL PARA OS RESÍDUOS GERADOS NA PRODUÇÃO DE CACHAÇA

Wanessa Dunga de Assis ¹

Luísa Eduarda Lucena de Medeiros ²

Yáscara Maia Araújo de Brito ³

Higor Costa de Brito ⁴

RESUMO

O conceito de ecologia industrial traz a ecologia ambiental para o setor, avaliando-o como um sistema ambiental de fluxos de energia e matéria. A simbiose industrial busca tornar o sistema produtivo um ciclo fechado, no qual todos os resíduos gerados possam ser reinseridos na produção como matéria-prima ou alocados em outras atividades produtivas. Algumas experiências de simbiose industrial foram bem implantadas e funcionam de forma eficiente, como é o caso do parque industrial de Kalundborg na Dinamarca. No Brasil, o Programa Mineiro de Simbiose Industrial é o mais atuante e conta com 317 indústrias que realizam trocas de resíduos, energia e água em seus processos produtivos. Diante disso, este trabalho propõe um diagrama para a simbiose industrial no processo produtivo da cachaça, avaliando sua produção e geração de resíduos para que possam ser reutilizados ou reciclados, na própria indústria ou em outras atividades econômicas. Os resultados demonstraram que praticamente os resíduos provenientes de todas as etapas produtivas da cachaça podem ser reutilizados e/ou reciclados tanto na sua própria indústria quanto em outras atividades, como agricultura e pecuária.

Palavras-chave: Ecologia Industrial, Sustentabilidade, Bebidas destiladas, Cana-de-açúcar.

INTRODUÇÃO

O conceito de sustentabilidade ambiental é algo amplamente discutido no âmbito da sociedade contemporânea. Cada vez mais, desenvolve-se técnicas produtivas que buscam minimizar os impactos ao meio ambiente ganham força e espaço, principalmente no que diz respeito ao meio industrial, no qual se concentram os impactos mais relevantes ao meio ambiente, desde a extração de matéria-prima até a destinação final dos produtos consumidos pelos usuários.

A Ecologia Industrial é a seção das Ciências Ambientais responsável por analisar a produção industrial e sua interação com a natureza, a partir da otimização do consumo de energia e materiais e na busca para que os resíduos gerados destes possam servir como matéria-prima em outros processos industriais. Em termos práticos, consiste em uma busca

¹ Doutoranda em Eng. Civil e Ambiental, Univ. Federal de Campina Grande (UFCG), w_dunga@hotmail.com;

² Doutoranda em Recursos Naturais, UFCG, lu.mdeiros@hotmail.com;

³ Doutoranda em Recursos Naturais, UFCG, yascaramaiaa@gmail.com;

⁴ Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental, UFCG, h_igor@hotmail.com;

possibilidades de inter-relações que possibilitem permutas de benefícios entre diferentes empresas. A ideia é estudar o sistema produtivo como um sistema ambiental, isto é, uma organização particular de fluxos de matéria, energia e informação. É possível organizar todo este fluxo no sistema industrial de maneira a torná-lo um circuito quase inteiramente fechado (RODRIGUES e RODRIGUES FILHO, 2018; AMORIM, 2012; DALBELO, 2012; ARAÚJO et al., 2003).

De acordo com Pereira (2017) o principal objetivo da Ecologia Industrial é reduzir o impacto total das atividades de produção e consumo, tais como: redução de custos operacionais, implantar uma maior eficiência energética e hídrica na indústria, diminuição da poluição ambiental, uso consciente e eficiente dos recursos naturais usados como matéria-prima, diminuindo os desperdícios, além da reutilização e reciclagem dos resíduos oriundos do processo produtivo.

É a partir da comparação entre os sistemas industrial e ambiental que é definido os modelos fundamentados na logística ambiental, no qual são buscados a harmonia e integração sob o ideal da sustentabilidade para minimização dos resíduos gerados (TREVISAN et al. 2016). Assim, dentro da Ecologia Industrial, há o conceito de simbiose industrial, um processo que busca fazer uma troca de recursos (energia, matéria-prima, água, etc) entre as indústrias, de forma que os resíduos gerados numa determinada empresa possam ser reutilizados por ela mesma ou por outras em seu processo produtivo, e vice-versa (CHERTOW; ASHTON; ESPINOSA, 2008).

Partindo desse pressuposto, este trabalho objetiva desenvolver um diagrama de Simbiose Industrial para o sistema produtivo da cachaça, avaliando sua produção e geração de resíduos em cidades brasileiras. Verifica-se a possibilidade de reutilizados ou reciclagem na própria indústria e em outras atividades econômicas. Essa aplicação se justifica pela elevada quantidade de resíduos gerados em todas as etapas de produção da cachaça, com isso, há a necessidade em reduzir os custos mediante a reutilização ou destinação adequada desses resíduos.

Simbiose Industrial

A Simbiose Industrial é um método de abordagem coletiva que permite aumentar a vantagem competitividade empresarial, a medida em que valoriza os resíduos e rejeitos para minimizar a importação de recursos naturais nas etapas de produção. No campo organizacional, denomina-se Simbiose Industrial como as sinergias entre indústrias tradicionalmente separadas,

que envolvem trocas físicas de materiais, de energia, de água, e/ou de subprodutos (CHERTOW, 2000; CHERTOW; ASHTON; ESPINOSA, 2008).

Apesar da ideia ser simples e vantajosa, é necessário um estudo detalhado com relação aos resíduos gerados em cada área de processamento da indústria, assim como uma análise de viabilidade da reutilização destes resíduos como recursos naturais, por ela mesmo ou por outras indústrias, tais como custo para ambas – indústrias doadoras e receptoras, distância de transporte, quantidade disponibilizada de resíduos, entre outras (FERREIRA e MOREIRA, 2013).

No Brasil, o Programa Brasileiro de Simbiose Industrial está sendo desenvolvido desde 2011, com poucos avanços no setor desde então. A presença de parques industriais é recorrente nas grandes cidades brasileiras, porém as experiências que consideram a simbiose industrial nos processos produtivos são mínimas. Os exemplos de projetos mais conhecidos ocorreram no Rio de Janeiro, no polo de Camaçari na Bahia e no Estado de Minas Gerais (TREVISAN et al. 2016).

O projeto para Minas Gerais foi o único dentre os três citados que apresentou resultados significativo. Nesse estado, tem-se o Programa Mineiro de Simbiose Industrial – PMSI, que se destaca com uma maior atuação no setor. Desenvolvido pela FIEMG (Fundação Industrial do Estado de Minas Gerais) em parceria com a FEAM (Fundação Estadual de Meio Ambiente) e com o CMRR (Centro Mineiro de Referência em Resíduos), o programa tem como principal objetivo promover interações lucrativas entre empresas de todos os setores da indústria através da Simbiose Industrial. Na prática, o programa estabelece negócios a partir dos recursos utilizados nos processos de produção. Ou seja, energia, água e materiais provenientes das indústrias e que podem ser recuperados, reprocessados e reutilizados por outras empresas ou por ela mesmo (FIEMG, 2015).

Ao longo dos últimos anos, a Simbiose Industrial praticada em Minas Gerais beneficiou 760 empresas, que reduziram mais de nove milhões de reais em custos ligados à aquisição de matéria-prima para produção industrial. Com relação aos ganhos ambientais, o programa possibilitou a reutilização de quase 140 mil toneladas de resíduos, gerando uma redução de 195 mil toneladas de matérias-primas e reuso de 14 mil metros cúbicos de água (FIEMG, 2015).

No entanto, os principais desafios para a prática da Simbiose Industrial estão relacionados à dificuldade de alocar com relativa proximidade empresas de diversos ramos que possam partilhar de seus processos produtivos recursos como energia, água e produtos para matéria-prima úteis a outras indústrias, e vice e versa, de forma a minimizar a utilização dos recursos naturais, que ocasione ganhos financeiros e ambientais (TREVISAN et al. 2016).

Processo Produtivo da Cachaça

De acordo com o Decreto Federal nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, cachaça é toda bebida que utilize a cana-de-açúcar como matéria-prima, com graduação alcoólica entre 38% e 54% em volume, a 20° C (BRASIL, 2009). Conhecida por ser uma bebida genuinamente brasileira, a cachaça vem conquistando a cada dia mais consumidores, sendo uma segunda bebida alcoólicas mais consumidas no país (EUROMONITOR, 2019).

A produção de cachaça vem se tornando ao longo dos anos um processo cada vez mais eficiente por grandes indústrias, com o objetivo de se tornarem mais competitivas no mercado nacional e mundial e para a economia dos custos de produção. Com isso, nos últimos anos houve uma crescente demanda pela sustentabilidade levando as organizações a fabricarem produtos mais orgânicos, que gerem menos resíduos, e a otimizarem seus sistemas produtivos para que apresentem uma com maior eficiência energética e no uso de água (VERDI, 2006; OLIVEIRA et al., 2008).

As cachaças produzidas no Brasil podem ser encontradas de duas formas, que são diferenciadas quanto ao tipo de produção: industrial (destiladas em colunas de inox, embora ainda envolva técnicas e procedimentos semelhantes aos utilizados em processos rudimentares de alambiques) ou artesanal (destiladas em alambiques ou engenhos de cobre) (RECHE e FRANCO, 2009).

Independentemente do tipo de produção – industrial ou alambique, o processo produtivo da cachaça pode ser dividido em cinco etapas fundamentais: preparação da matéria-prima, moagem, fermentação, destilação e envelhecimento (opcional). A descrição de cada etapa está contida nos tópicos a seguir e foi baseado nas diretrizes da Embrapa (SAKAI, 2019) e em SEBRAE (2012):

- *Preparação da matéria-prima:*

A cana-de-açúcar deve ser colhida quando madura, de forma manual ou mecanizada (Evita-se a queimada das plantas para não precipitar a sua deteriorização). A separação ocorre de acordo com o equilíbrio de alguns fatores – nível de açúcar, teor de redutores, PH e facilidade de fermentação. A parte terminal do colmo de canas, ainda está em fase de amadurecimento, é mais fibrosa e apresenta baixa concentração de açúcares e elevado teor de redutores –

devendo então ser descartada. Se utilizada, o caldo poderá formar espumas excessivas na fermentação e reduzir o rendimento da produção. Em seguida, as partes duras dos colmos são destruídas para romper o maior número de feixes fibrovasculares das células de armazenamento e facilitar a moagem.

- *Moagem:*

Nessa etapa são separados o caldo do bagaço da cana-de açúcar. A moagem deve ocorrer num prazo máximo de 36 horas após o corte para evitar a deteriorização da matéria-prima. Um mesmo bagaço é passado várias vezes pela moenda (movida por motor elétrico ou rodas d'água) até que não se perceba mais caldo sendo extraído. A partir disso, o bagaço é lavado em água ou água com caldo diluído, e novamente submetido à moagem. São removidas as impurezas grosseiras (principalmente bagacilho e terra), o caldo é decantado e filtrado para limpar o caldo e reduzir as chances de contaminações e melhorar a qualidade da fermentação.

- *Fermentação:*

Antes da fermentação o caldo é preparado: os teores de açúcar são padronizados (teor de sacarose entre 14 e 16 graus Brix), com adição de água de boa qualidade na dorna de diluição; o ácido sulfúrico é adicionado para evitar a contaminação do caldo por bactérias potencialmente prejudiciais à qualidade final da cachaça. A partir de então é misturado o fermento ao caldo, formando-se o mosto fermentado, que fica acondicionado em dornas (de madeira, aço inox, plástico ou cimento) por aproximadamente 24 horas. Verifica-se o fim da fermentação são percebidas borbulhas uniformes no mosto e um cheiro agradável, com leve aroma de frutas. Podem ser utilizados dois tipos de fermentos: a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (processo industrial) ou o “fermento caipira”, fabricado pelo próprio produtor, que consiste em uma mistura do caldo (ou água potável) com fubá e/ou farelo de arroz (processo artesanal). Independente do fermento utilizado, as salas de fermentação precisam ser arejadas e capazes de manter a temperatura ambiente na média dos 25° C.

- *Destilação:*

Após a fermentação, o mosto fermentado passa a ser denominado de vinho de cana, rico em componentes nocivos à saúde, como aldeídos, ácidos, bagaços e bactérias. A concentração alcoólica ainda é baixa, e, por isso, o vinho precisa ser destilado para elevar o teor de álcool entre 38 a 54 GL. O processo de fermentação ocorre por fervura em alambique de cobre para produção de vapores (que apresentam grande quantidade de álcool etílico) que são condensados por resfriamento. A destilação pode ser dividida em três fases, de acordo com a qualidade do líquido gerado:

- Cachaça de cabeça: obtida na fase inicial da destilação (os primeiros 10% de líquido que sai do alambique); rica em substâncias mais voláteis que o etanol, não recomendadas para o consumo humano;
- Cachaça do coração: a segunda fração destilada (corresponde de 75 a 85% do total do produto destilado); é a cachaça propriamente dita, ou seja, aquela de qualidade elevada;
- Cachaça de cauda ou “água fraca”: a última fração destilada (corresponde aos últimos 10% do líquido); apresenta maior teor de substâncias menos voláteis e indesejáveis.

O ideal é que a “cabeça” e a “cauda” sejam descartadas, pois comprometem o sabor da cachaça e prejudicam a saúde do consumidor, embora sejam comumente incorporadas à bebida por produtores menos exigentes. Após a destilação, o vinho destilado é novamente filtrado para melhorar a limpidez, transparência e brilho. Caso não haja uma etapa de envelhecimento, a cachaça está pronta para ser engarrafada.

- *Envelhecimento:*

O envelhecimento consiste na estocagem da cachaça, preferencialmente, em barris de madeira para aprimorar a qualidade de sabor e aroma das bebidas. A bebida, quando em contato com a madeira, continua com reações químicas, o que altera as características de cor, sabor e aroma, deixando a cachaça mais ou menos suave, adocicada e/ou perfumada, dependendo do tempo de envelhecimento e do tipo de madeira. Os barris de madeiras neutras (como o jequitibá e o amendoim) não alteram a cor da cachaça, mas conferem sabor e aroma, enquanto que madeiras amareladas (como o carvalho, umburana, cedro e bálsamo) conferem um tom

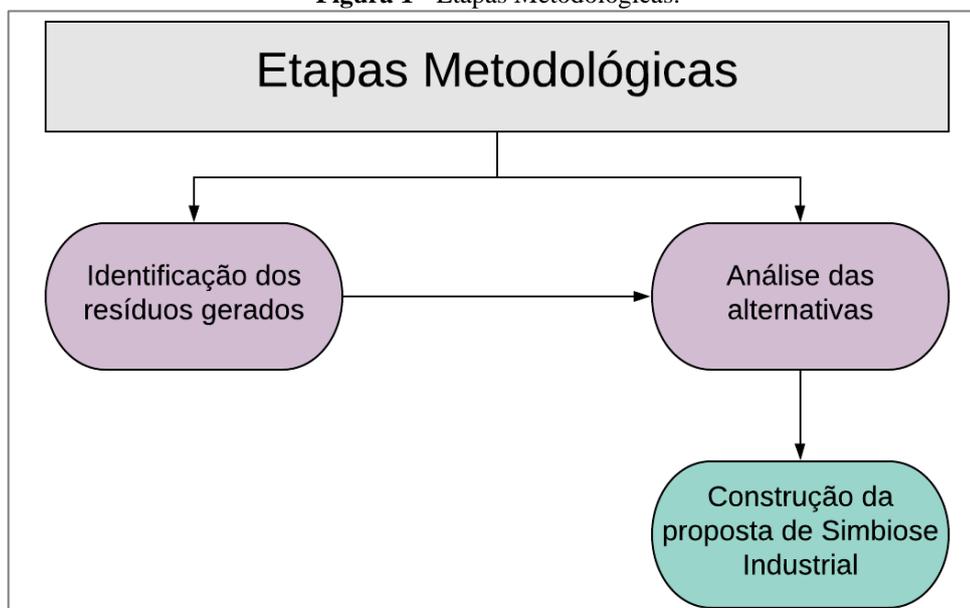
amarelado e alteram o aroma. Após o período determinado para cada característica desejada, a cachaça está pronta para ser engarrafada.

Na produção industrial de cachaça em larga escala o mais comum é o processo industrial, que utiliza, geralmente, colunas de destilação e tonéis de aço-inox, e adiciona produtos químicos na fermentação, além de não se separar a parte nobre do destilado. Em contraposto, no processo artesanal, a destilação é feita em alambiques de cobre e a fermentação ocorre de forma natural (OLIVEIRA, 2010).

METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho apoia-se em análises documentais e comparativas e está dividida em duas etapas. O fluxograma da Figura 1 apresenta cada uma delas. Na primeira, foram identificados os resíduos gerados na produção de cachaça. Em seguida, foram analisadas as possíveis alternativas para reuso, reciclagem ou destinação adequada de cada um dos resíduos, para, enfim, ser construída a proposta de Simbiose Industrial do setor produtivo da cachaça.

Figura 1 - Etapas Metodológicas.

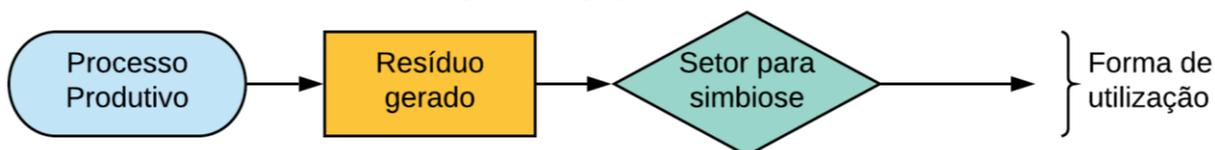


Fonte: Autoria própria.

O esquema proposto para a Simbiose Industrial no processo produtivo da cachaça foi construído em formato de fluxograma. Para cada um dos resíduos gerados na produção foram

identificadas uma ou mais alternativas de utilização, reuso ou reciclagem por outras atividades econômicas, ou até mesmo pelo próprio produtor em alguns casos. O fluxograma será composto de quatro formações, conforme apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Composição da proposta de Simbiose Industrial.



Fonte: Autoria própria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resíduos Gerados na Produção da Cachaça

Durante a preparação e a moagem da cana-de-açúcar são gerados resíduos do engenho já que apenas o caldo segue para o processo produtivo da cachaça. A *ponta*, *palmito* e as *folhas da cana-de-açúcar* são removidas antes da moagem, já o *bagaço* e *bagacilho* correspondem aos restos da cana após a moagem. A limpeza do caldo, que promove a separação do caldo das partículas sólidas mais densas, são decantadas e acumuladas no fundo do recipiente, gerando o *lodo do decantador* (SOUZA et al., 2014).

O *fermento*, utilizado no processo de fermentação, fica depositado no fundo da dorna e pode ser reutilizado na próxima fermentação. No entanto, antes da reutilização (assim que concluído o ciclo fermentativo anterior), o fermento passa por lavagem com água potável (sem cloro), ácido e ar para eliminar os contaminantes e revigorar as células. A *água da lavagem do fermento* contém células de leveduras e substâncias nutritivas (MEIRELES et al., 2010).

A fração inicial (*cabeça*) e final (*cauda*) do vinho destilado cabeça, podem representar até 20% do volume destilado quando não incorporados à bebida final. Esse volume é comumente descartado, sem nenhum reaproveitamento. Ainda na destilação, há a geração do *vinhoto* (ou *vinhaça*). Para cada litro de cachaça produzido são produzidos de 8 a 10 litros de vinhoto. É um resíduo classificado como perigoso, que causa danos significativos ao meio ambiente (SOUZA et al., 2014; MEIRELES et al., 2010).

Outros resíduos também podem ser destacados na produção da cachaça: Águas de resfriamento e condensado de caldeira; Águas usadas para limpeza de garrafas, vasilhames,

lavagem da cana e lavagem das instalações; Fuligem e cinzas das caldeiras e fornalhas; Embalagens, garrafas inutilizadas, rótulos e tampas (ALMEIDA, 2015).

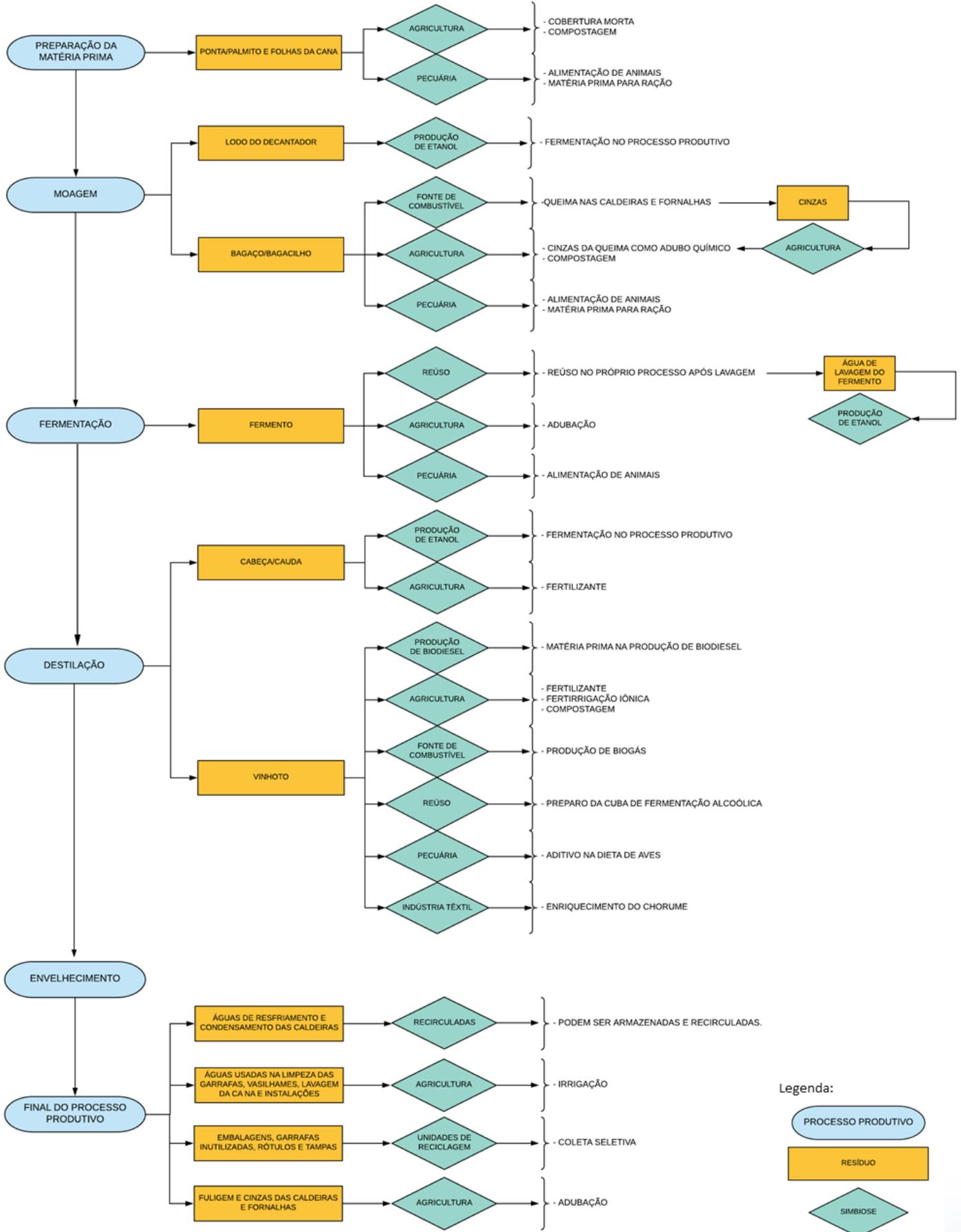
Análise das alternativas para Simbiose Industrial

Para cada um dos resíduos gerados na produção foram identificadas uma ou mais alternativas de utilização, reuso ou reciclagem por outras atividades econômicas, ou até mesmo pelo próprio produtor em alguns casos. Na Figura 3 é apresentado o esquema proposto para a Simbiose Industrial no processo produtivo da cachaça, conforme análise das alternativas de sinergia dos resíduos.

As alternativas a seguir foram construídas a partir dos estudos de Meireles et al. (2010), Souza et al. (2014), Nogueira e Garcia (2013), Almeida (2015) e Jung, Fernandes e Uhde (2015):

- **Preparação da matéria-prima** (Resíduos: ponta, palmito, folhas de cana): O destino mais comum para a *ponta* da cana madura é a utilização como cobertura morta no próprio canal após secagem ao sol, devido a grande quantidade de resíduos (aproximadamente 8% do total da cana-de-açúcar). Pode ainda ser utilizado na compostagem na forma in natura, juntamente com outros resíduos. O *palmito* e a *folha da cana* podem ser destinados para alimentação animal (bovinos, ovinos, caprinos e equinos), que, embora não possua elevado teor nutricional, pode ser utilizado como composto volumoso, enriquecido com ureia e nutrientes desejados.
- **Moagem** (Resíduos: bagaço/bagacilho e lodo do decantador): O *bagaço/bagacilho* da cana pode ser utilizado como fonte de combustível para queima das caldeiras e fornalhas e geração de vapor na etapa de destilação, com o devido controle da quantidade de fumaça produzida. Outro destino é a queima direta do material (a queima a céu aberto não é permitida). Nesses dois casos é gerado outro resíduo, as *cinzas* (equivalente a 2,5% do peso inicial), ricas em silício e potássio, e por isso, podem ser utilizadas na agricultura como fertilizante químico. Pode ainda ser utilizado na forma in natura na compostagem, juntamente com outros resíduos, ou na alimentação animal. O *lodo do decantador*, proveniente das etapas de filtração e decantação do mosto, pode ser utilizado para a fermentação em indústrias de produção de etanol.

Figura 3 - Simbiose Industrial na produção da cachaça.



Fonte: Autoria própria.

- **Fermentação** (Resíduo: Fermento): O *fermento* que fica acumulado no fundo das dornas após a fermentação é rico em proteínas e pode ser adicionado a outros componentes para alimentação animal, a exemplo das pontas/palmito ou na adubação direta para a agricultura. O mais comum, no entanto, é a reutilização no processo de fermentação do caldo seguinte. Para isso, é necessária a lavagem do fermento que gera outro tipo de resíduo, a *água da lavagem do fermento*. Esta água contém células de leveduras e substâncias nutritivas, podendo ser utilizada como fonte de matéria-prima na produção do etanol.
- **Destilação** (Resíduo: cabeça/cauda e vinhoto): A *cabeça/cauda* do vinho, quando não incorporadas à cachaça para não reduzir a qualidade da bebida, pode ser redestilada para a produção de etanol ou misturada ao vinhoto para aplicação nos canaviais, após tratamento. O descarte direto, sem tratamento, em corpos hídricos ou no solo não é permitido. O *vinhoto* pode ser reutilizado no preparo da cuba de fermentação alcoólica da própria indústria. Além disso, apresenta múltiplas alternativas de destinação: na agricultura ao ser incorporado na compostagem ou como fertilizante e fertirrigação iônica, que após análise e tratamento adequado, pode contribuir na elevação do pH do solo, dos nutrientes, da capacidade de troca catiônica (CTC) e de retenção de água, além de melhorar a estrutura física e estimular a atividade microbiana; na produção de biodiesel, como matéria-prima; como fonte de combustível na produção de biogás em algumas destilarias; na pecuária como aditivo na dieta da alimentação de aves; na indústria têxtil como substrato para produção de biomassa proteica e lipídica por leveduras e bactérias, para enriquecimento do chorume e tratamento de seus poluentes.
- **Outros resíduos do processo produtivo** (águas de resfriamento, condensamento das caldeiras e de limpeza e lavagem; embalagens e outros itens não utilizados; cinzas e fuligens): As *águas de resfriamento e condensamento de caldeiras* não são contaminadas e podem ser armazenadas e reaproveitadas na própria indústria em usos menos nobres ou descartadas, desde que controle-se a temperatura do efluente. Já a *água utilizada para limpeza de garrafas, vasilhames, lavagem da cana e lavagem das instalações* podem ser misturadas ao vinhoto para irrigação dos próprios canaviais, jardins e pomares (exceto frutas, legumes e verduras rasteiros). *Embalagens,*

garrafas, rótulos e tampas inutilizáveis devem ser encaminhados para reciclagem após devida coleta seletiva e armazenamento adequado. As *fuligem e cinzas das caldeiras e fornalhas* podem receber o mesmo destino das cinzas das queimas dos bagaços/bagacilhos: fertilizante químico na agricultura.

As principais alternativas de simbiose industrial para a produção da cachaça identificadas estão apresentadas na Figura 4.

Figura 4 - Alternativas para Simbiose Industrial.



Fonte: Autoria própria.

As sinergias mais significativas foram o reuso na própria indústria, em seu setor produtivo, ou no canavial que dá origem à matéria-prima utilizada. A agricultura se mostrou também como um elo para a simbiose bastante forte, tanto na produção de fertilizantes e adubos orgânicos e inorgânicos como na utilização de produtos in natura. Outra alternativa, ainda no campo, é a utilização dos resíduos, principalmente os vegetais para incorporação na alimentação animal, destacando-se como uma grande fonte de nutrientes, principalmente em períodos escassos. Além de servir também como matéria-prima para indústrias de produção de etanol e biodiesel.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da Simbiose Industrial como alternativa sustentável para melhorar a competitividade empresarial e reduzir os custos de produção é uma alternativa válida e utilizada com sucesso quando implementada de forma eficaz. O Eco-parque Kallundborg, na Dinamarca, é um dos mais famosos empreendimentos desse tipo. As trocas de resíduos chegam a 2,9 milhões de toneladas por ano, o consumo de água é reduzido em 25% e o calor residual das indústrias maiores abastece as menores e mais de cinco mil casas com aquecimento (CHERTOW, 2000). Para Paula, Abreu e Sousa (2015, p. 3) “essas cooperações aumentaram a eficiência ambiental e econômica da mesma forma que criaram benefícios tangíveis envolvendo pessoas, equipamentos e compartilhamento de informações”.

No Brasil, o Programa Mineiro de Simbiose Industrial – PMSI também vêm apresentando resultados satisfatórios. Com isso, demonstra-se que indústrias brasileiras estão aptas para uma alternativa mais sustentável. Mas é preciso fortalecer as iniciativas para que não fracassem, como o acontecido no Rio de Janeiro e na Bahia. Por este motivo, esse trabalho destaca-se na busca por sinergias para um setor de grande representatividade e lucratividade como a produção de cachaça, mas que ainda não consegue uma produção totalmente eficiente quanto ao manejo dos resíduos gerados.

A partir da análise da simbiose industrial proposta, é possível perceber que os resíduos provenientes de todas as etapas produtivas da cachaça podem ser reutilizados e/ou reciclados tanto na sua própria indústria quanto em outras atividades produtivas como agricultura e pecuária, principalmente. Assim, todo o processo seria fortalecido, melhorando a lucratividade da indústria e a visão ambiental que demonstraria frente ao mercado sustentável.

De certo, é necessário um estudo mais detalhado para verificar a viabilidade de implantação desta simbiose, com análise de despesas e receitas geradas no processo, tratamento de resíduos, logística de transporte e distância a ser percorrida, além do próprio contato entre as empresas que buscam ser mais sustentáveis e reduzir o uso dos recursos naturais de forma mais consciente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. **Resíduos do alambique**. Site da Cachaça: Artigos Técnicos, 2015. Disponível em: <http://www.sitedacachaca.com.br/residuos-do-alambique/>. Acesso em: mai. 2018.

AMORIM, R. R. Um novo olhar na Geografia para os conceitos e aplicações de geossistemas, sistemas antrópicos e sistemas ambientais. **Caminhos de Geografia (Revista on line)**. v. 13, n. 41, mar/2012. p. 80-101, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16613/9240>>. Acesso em: mar. 2019.

ARAÚJO, E. S.; HIDALGA, V.; GIANETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. Ecologia Industrial: um pouco de história. **Revista de Graduação de Engenharia Química**. v. 6, n. 12, jul-dez, 2003. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/regeq12/art2.htm>>. Acesso em: fev. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009**. Regulamenta a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Brasília: D.O.U. DE 05/06/2009, p. 20, 2009.

CHERTOW, M. R. Industrial symbiosis: literature and taxonomy. **Annual Review of Energy and the Environment**, v. 25, n. 1, p. 313-337, 2000.

CHERTOW, M. R.; ASHTON, W. S.; ESPINOSA, J. C. Industrial symbiosis in Puerto Rico: Environmentally related agglomeration economies. **Regional Studies**, v. 42, n. 10, p. 1299-1312, 2008.

DALBELO, T. S. **Por uma indústria mais sustentável: da Ecologia à Arquitetura**. 2012. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo. 2012.

EUROMONITOR INTERNATIONAL. **Alcoholic Drinks in Brazil**. Londres: Passport EuroMonitor Internacional, 2019.

FERREIRA, A. R. L. MOREIRA, H. C. **Análise Crítica da Gestão de Resíduos de Construção Civil**: Estudo de caso do Município do Rio de Janeiro. 129f. Projeto de Graduação em Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013.

FIEMG – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Gestão de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.fiemg.org.br/Default.aspx?tabid=10987> Acesso em: fevereiro de 2018.

JUNG; S. I.; FERNANDES, S. B. V.; UHDE, L. T. Aspectos Socioambientais da Produção de Aguardente e de Alcool no Noroeste-Missões do Rio Grande do Sul. **Desenvolvimento em Questão**. Editora Unijuí. Ano 13, n. 29, p. 257-288, 2015.

MEIRELES, W. A.; OLIVEIRA, V. P.; FERREIRA, L. C.; SOARES, K. M. M.; ABREU, L. Aproveitamento de Resíduos da Fabricação de Cachaça para Produção de Etanol. **Revista Agroambiental**, v. 1, p. 249-265, 2010.

NOGUEIRA, M. A. F. S.; GARCIA, M. S. Gestão dos resíduos do setor industrial sucroenergético: estudo de caso de uma usina no município de Rio Brillhante, Mato Grosso do

Sul. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET**, v. 17, n. 17, p. 3275-3283, 2013.

OLIVEIRA, A. M. L. **O Processo de Produção da Cachaça Artesanal e sua importância comercial**. Monografia (especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, 2010.

OLIVEIRA, A. R.; GAIO, L. E.; JOÃO, I. S.; BONACIM, C. A. G. Análise da cadeia produtiva da cachaça em Minas Gerais sob a ótica da Economia dos Custos de Transação. **Custos e Agronegócio**. v. 4, n. 3, 2008.

PAULA, E. V.; ABREU, M. C. S.; SOUSA, C. B. **Motivações e Barreiras para a Simbiose Industrial**: a experiência no Estado de Minas Gerais. In: XVI ALTEC: Congresso Latino-Americano de Gestão da Tecnologia. Anais... Porto Alegre: XVI ALTEC, 2015.

PEREIRA, A. S. **Ecologia Industrial**. São Paulo: Editora SENAC, 2017.

RECHE, R. V.; FRANCO, D. W. Distinção entre cachaças destiladas em alambiques e em colunas usando quimiometria. **Quím. Nova**. v. 32, n. 2, 2009.

RODRIGUES, J.A. RODRIGUES FILHO, J. Modelo de sustentabilidade de marketing: conceptualização e aplicação no setor industrial. **Revista Pensamento e Realidade**. v. 33 n.2, abr/jun 2018. p. 23-47. 2018.

SAKAI, R. H. **Cachaça**. Brasília: EMBRAPA - Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2019. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT000fiog1ob502wyiv80z4s473agi63ul.html>>. Acesso em: set. 2018.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cachaça artesanal**: Relatório Completo. Brasília: Sebrae, 2012.

SOUZA, M. F.; LEITE, N. C.; SILVA, A. R.; OLIVEIRA, J. M. S. R. **Diagnóstico Ambiental da Produção de Aguardente no Centro-Oeste do Estado de Minas Gerais**. In: XVI ENGEMA: Inovação e sustentabilidade: um desafio para enfrentar as mudanças climáticas e seus impactos planetários. Anais... São Paulo: XVI ENGEMA, 2014.

TREVISAN, M. NASCIMENTO, L. F. MADRUGA, L. R. R. G. NEUTZLING, D. M. FIGUEIRÓ, P. S. BOSSLE, M. B. Ecologia industrial, simbiose industrial e Ecoparque industrial: conhecer para aplicar. **Sistemas e Gestão (Revista eletrônica)**. v. 11, n. 12, p. 204-215, 2016.

VERDI, A. R. Dinâmicas e Perspectivas do Mercado da Cachaça. **Informações Econômicas**. SP, v. 36, n. 2, 2006.