

GESTÃO AMBIENTAL INDUSTRIAL EM UMA VINÍCOLA: UMA ANÁLISE DA DESTINAÇÃO DOS EFLUENTES GERADOS PARA PRODUÇÃO DE SUBPRODUTOS DE VALOR AGREGADO

Anderson Gabriel Corrêa (*), Willian Cezar Nadaleti 2, Carolina da Silva Silva 3, Paula Lemões Haertel 4, Eduarda Piaia5

* Universidade Federal de Uberlândia

RESUMO

Sabendo que o Rio Grande do Sul é o estado que mais produz vinho no país, com cerca de 90% do vinho produzido no Brasil, as suas principais vinícolas estão distribuídas na região da serra gaúcha. Os resíduos da atividade de vinificação geram, resíduos orgânicos como a casca e a semente da uva, além de efluentes que podem causar diversos impactos no meio ambiente, se descartados de maneira inadequada. Desta forma, faz-se necessário que as indústrias deste segmento passem por adequações de uma série de normas para melhorar seu desempenho ambiental, a principal destas normas é a NBR ISSO 14001/2005, que apresenta o Sistema de Gestão Ambiental (SGA), e que é reconhecida globalmente. O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de produção de metano (MH₄), das energias térmica e elétrica, via processos de digestão anaeróbia, utilizando como substrato, efluentes provenientes dos processos de atividades vitivinícolas, além de apresentar a quantidade de digestato gerado após este processo. A metodologia utilizada neste estudo foi realizada a partir de coleta de dados, no banco de dados da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roesler (FEPAM), referente a produção de vinho no estado do Rio Grande do Sul, com posterior utilização de metodologias já conceituadas na bibliografia, para calcular o potencial energético a partir de números levantados nos dados coletados. O presente estudo constatou que uma vinícola de porte médio produz uma quantidade significativa de vinho e conseqüentemente de resíduos líquidos, que podem ser utilizados para a produção de energias a partir de processos anaeróbios, bem como, possui capacidade de produção de digestatoe sua posterior utilização como biofertilizante agrícola nos pomares de uva.

PALAVRAS-CHAVE: Efluentes Industriais, Vinícolas, Energia Térmica, Energia Elétrica, Digestato.

INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul é o principal estado produtor de vinho do país, o qual produz cerca de 90% do vinho brasileiro, em média de 250 milhões de litros, com suas vinícolas distribuídas pela região da serra gaúcha, com destaque para os municípios de Bento Gonçalves, Flores da Cunha, Farroupilha, Garibaldi, Caxias do Sul e Carlos Barbosa, que são os maiores produtores de vinho do estado (GUERINI FILHO et al., 2018).

Em comparação com outras atividades industriais, as vinícolas até recentemente eram caracterizadas por mínima poluição ambiental, com poucos impactos negativos causados nos recursos naturais, mais isso está mudando, pois os resíduos da vinificação, material orgânico como casca, semente de uva e efluentes causam grandes problemas ecológicos se dispostos de forma inadequada no ambiente, porque a neutralização e a utilização de resíduos fermentativos misturados com diferentes compostos representam um perigo para o meio ambiente e para a saúde da população (SOCEANU et al., 2021).

Com isso, é de extrema importância que os avanços técnico-científicos apresentem meios de valorização de todos os resíduos gerados por essa atividade, que sejam atrativos, não representem maiores custos com o descarte desses resíduos já gastos atualmente, e que apresentem uma vantagem econômica que agregue valor à produção de vinho (SOCEANU et al., 2021).

As características e fluxos de efluentes gerados durante o beneficiamento da uva dependem de uma série de fatores, como o nível de extração do suco pretendido, dos tipos de equipamentos utilizados, o número de fermentação e as etapas de clarificação que são adotadas para obtenção do vinho (BHARATHIRAJA et al., 2020). No entanto, esse efluente possui uma carga orgânica e inorgânica elevada, sendo a digestão anaeróbia um dos processos mais adequados para o tratamento desse tipo de material, capaz de transformar resíduos em biogás, que pode ser utilizado como energia ou na forma de biocombustível, além de produzir um digestato, com propriedades de fertilizantes agrícolas, sendo esse um dos processos mais utilizados com altos rendimentos e de baixo impacto ambiental (ARIUNBAATAR et al., 2014).

Para se adequarem a uma série de normas e melhorar o desempenho ambiental, as indústrias hoje estão buscando seguir algumas normas, como a NBR ISO 14001, a qual apresenta que o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é a parte do

sistema de gestão global que inclui estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental (BARBIERI, 2007). Sendo esse, uma boa alternativa as vinícolas, pois além de ocasionar em melhorias ambientais e ganhos econômicos, esse sistema está relacionado a todos os setores industriais, aos colaboradores e a comunidade local.

Diante dessa premissa, faz-se necessário o estudo de rotas de valorização energética dos resíduos líquidos gerados pelas vinícolas, visto que no estado do Rio Grande do Sul a atividade vitivinícola é de extrema importância econômica, social e cultural, que gera uma quantidade elevada de efluentes em diferentes épocas do ano, necessitando de atenção quanto a estudos de valoração desse material através do SGA, proporcionando uma série de ganhos ambientais, econômicos e sociais.

OBJETIVOS

O objetivo do presente estudo foi avaliar o potencial de produção de metano (CH₄), energia elétrica e térmica via processos de digestão anaeróbia, utilizando como substrato efluentes resultantes de atividades vitivinícolas. Além disso, apresentar a quantidade estimada de digestato gerado após o processo. Com o emprego da gestão ambiental industrial, através de estratégias do SGA para a conversão dos resíduos líquidos de vinícolas em subprodutos de valor agregado, controlando e diminuindo os possíveis impactos negativos associados a disposição inadequada dos resíduos vinícolas.

METODOLOGIA

Primeiramente foi realizada uma pesquisa no banco de dados da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM), órgão licenciador do estado do Rio Grande do Sul, onde foram coletados dados referentes a produção anual de vinho disponíveis na licença de operação de uma vinícola de médio porte, localizada na região da serra gaúcha, destaque na atividade vitivinícola no estado.

A partir do valor de produção anual de vinho da vinícola em estudo, estimou-se a quantidade de efluentes gerados nos processos de vinificação. Com o auxílio da literatura foi possível estimar a quantidade de efluente gerado. Segundo Da Ros et al., (2017), a geração de resíduos líquidos vitivinícolas varia entre 2 a 6 L por litro de vinho produzido, sendo assim, foi utilizado para o estudo o menor valor citado. Mas vale ressaltar que vários fatores podem influenciar no fluxo de efluentes de uma vinícola, como porte da indústria, sazonalidade, tipo de uva e vinho produzido, equipamentos utilizados, entre outros.

Com a quantidade de resíduos líquidos estabelecida foi possível realizar a quantificação do metano gerado via digestão anaeróbia do efluente da vinícola, utilizando a metodologia da *United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC (2012), conforme apresentado na Equação 1:

$$Q_{CH_4} = Q_{ef} * DQO_{ef} * B_{O_{CH_4}} * MCF * CFU * \eta_{DQO} \quad (1)$$

Onde:

Q_{CH_4} : produção de gás metano, divisão da equação (1) por 0,656 m³/h, em kgCH₄/h;

Q_{ef} : vazão do efluente de cada indústria, em m³/h;

DQO_{ef} : DQO do efluente de cada indústria, em kgDQO m⁻³;

$B_{O_{CH_4}}$: capacidade máxima de produção em massa de metano, igual a 0,25, em kgCH₄/kgDQO;

MCF: fator de correção do metano, referente a reatores anaeróbios, reatores UASB e reatores de leito fixo, igual a 0,8;

CFU: fator de correção devido à incerteza, igual a 0,9;

η_{COD} : eficiência de remoção de DQO para reatores UASB, igual a 0,7.

Após a determinação da quantidade de metano produzido, foi realizada a estimativa do potencial de produção de energia térmica (Equação 2) e elétrica (Equação 3), seguindo as equações do estudo desenvolvido por Nadaleti (2017):

$$TE_{CH_4} = CE_{CH_4} * \eta M_{TE} * CE \quad (2)$$

Onde:

TE_{CH_4} : Produção de energia térmica a partir do metano, em kW/d;

ηM_{TE} : eficiência térmica do grupo gerador CHP, em% / 100, igual a 0,85;

CE : fator de conversão de MJ para kWh.

$$EE_{CH_4} = CE_{CH_4} * \eta M_{EE} * CE \quad (3)$$

Onde:

EE_{CH_4} : Produção de energia elétrica a partir do metano, em kW/d;

ηM_{EE} : eficiência elétrica do grupo gerador CHP, em%/100, igual a 0,45;

CE : fator de conversão de MJ para kWh.

Conforme estudo de Colturato (2018), e Cunha (2018), foi realizado o dimensionamento da quantidade de digerido gerado após o processo de digestão anaeróbia, seguindo Equação 4, considerando uma redução de 35% do volume inicial utilizado como substrato no reator:

$$Vc = (Vi - (Vi * 0,35)) \quad (4)$$

Onde:

Vi : volume do composto, em m³;

Vc : volume inicial de substrato, em m³.

RESULTADOS

Na Tabela 1, consta os valores da quantidade de vinho produzido, assim como a geração de efluentes:

Tabela 1: Produção de vinho e efluente

Vinícola	Vinho (l/mês)	Vinho (l/ano)	Efluente (l/mês)	Efluente (l/ano)
1	8,33E+04	1,00E+06	1,67E+05	2,00E+06

A produção de vinho por mês é de 8,33E+04 l/mês, totalizando anualmente 1,00E+06 l/ano, onde este montante produzido é visto em outras cinco vinícolas da região da serra gaúcha. Para a quantidade de efluente foi estimado um total de 1,67E+05 l/mês e 2,00E+06 l/ano, considerando que essa geração pode ser maior ou menor dependendo a safra e comercialização do produto.

A vitivinicultura mostra-se como uma atividade que gera uma quantidade significativa de resíduos líquidos, os quais devem passar por tratamento adequado antes de serem dispostos no ambiente. Pois esse material possui diversas propriedades físico-químicas, com elevada carga orgânica e materiais biodegradáveis, geralmente utilizados para irrigação ou descarregados em corpos hídricos, mas que sem o devido tratamento podem resultar em poluição ambiental, com a contaminação de animais, dos recursos hídricos e do solo (CORTÉS et al., 2019).

Na Tabela 2, é apresentada a estimativa de CH₄ gerado pelo processo de digestão utilizando o efluente da vinícola, assim como a quantidade de energia térmica e elétrica produzida:

Tabela 3: Produção de metano, energia térmica e elétrica

CH ₄ (kgCH ₄ /ano)	Energia Térmica (kWh/ano)	Energia Elétrica (kWh/ano)
5,00E+03	3,21E+04	6,06E+04

O total gerado de CH₄ encontrado foi de 5,00E+03 kgCH₄/ano. A metodologia utilizada considera uma produção de massa de CH₄ igual a 0,25 kg/DQO removido, na sua equação está atrelado a possíveis reduções de produção do gás ligados a incertezas, sendo essa uma metodologia com resultados próximos de uma realidade a nível industrial.

Além disso, foi encontrado para o potencial de energia térmica um total de 3,21E+04 kWh/ano e 6,06E+04 kWh/ano de energia elétrica. Com tal produção de energias, essas podem ser utilizadas na própria indústria, seja para aquecimento de caldeiras, ou como energia elétrica para todos os processos de produção de vinho, implicando em reduções nos custos com a compra de energia elétrica, além da valorização energética do efluente gerado.

O uso de energia elétrica por uma vinícola depende de uma série de fatores, principalmente pelo porte da indústria, tipos de uvas processadas e equipamentos utilizados, entre outros. No entanto, segundo um projeto desenvolvido pela - *Transferring Energy Save Laid on Agroindustry* – TESLA (2014), identificou alguns valores médios de consumo de energia de vinícolas através de uma extensa análise em dados sobre diferentes vinícolas, apresentando uma estimativa de que uma vinícola com capacidade de 3.000.000 l/ano consome em média 11 kWh de eletricidade e 1 kWh de energia térmica por 100 litros de vinho engarrafado. O valor varia com a capacidade de produção, com consumo específico de eletricidade variando entre 4 kWh para cada 100 litros nas grandes instalações, com produção de vinho acima de 5.000.000 l/ano e 16 kWh para cada 100 litros nas menores, com produção inferior a 2.500.000 l/ano. Diante do apresentado, a indústria em questão teria um gasto de 160.000 kWh/ano de energia elétrica, o qual teria um gasto de 160.000 kWh/ano para produção de 1,00E+06 l/ano de vinho. Com o uso da energia elétrica proveniente da valorização energética dos efluentes gerados pelo processamento da uva, em torno de 40% da energia necessária para atividade seria produzida pela própria vinícola. E a energia térmica produzida pela vinícola poderia ser convertida em energia elétrica, aumentando a porcentagem da mesma, acarretando em menos gastos com a compra de energia elétrica da concessionária.

Outro produto gerado pela digestão anaeróbia do efluente é o digestato, e sua quantidade gerada também foi estimada, com um total de 1,30E+06 l/ano, o qual pode ser utilizado como adubo líquido nos pomares de uva da vinícola ou de produtores locais. Mas esse material precisa passar por rigorosas análises a respeito da sua toxicidade e possível presença de materiais patogênicos, pois pode acarretar em poluição ambiental e problemas de saúde pública.

O SGA é legitimado e segue a ABNT NBR ISO 14001/2015, que apresenta uma série de normas que são de extrema importância, já que esta certificação proporciona a estrutura do SGA mais reconhecida no mundo, fornece ferramentas para a indústria gerenciar melhor os impactos ambientais de suas atividades, melhorar seu desempenho ambiental e, além dos benefícios de melhoria ambiental, traz uma série de benefícios operacionais, financeiros e sociais (GAVRONSKI; FERRER; PAIVA, 2008). Tanto o uso dos efluentes para produção de energia térmica e elétrica, e do digestato como adubo orgânico líquido nos pomares de uvas, são ações que estão dentro de um sistema de gestão ambiental industrial, que através de novos processos voltados para a reutilização de resíduos gerados durante o processamento da uva apresentam oportunidades de gerar lucro a indústria, melhorar o desempenho ambiental do setor vitivinícola, impactar positivamente a comunidade.

Para a implementação da Política Ambiental, utilizando a ABNT NBR ISO 14001/2015, todas os pontos abordados estão baseados na metodologia conhecida como *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), com tradução para Planejar, Executar, Verificar e Agir. Que pode ser brevemente descrito pelas ações incorporadas no SGA de uma vinícola:

Planejar: estabelecer os objetivos e processos necessários para atingir os resultados em concordância com política ambiental da organização, onde aqui contempla a parte inicial de informações necessárias para a valorização energética dos efluentes, quais as características do mesmo, quais reatores serão utilizados, corpo técnico responsável, como será realizado a conversão do biogás para energia elétrica, quais análises serão realizadas no digerido e como será feita a irrigação com esse adubo nos pomares, são diversas informações de extrema importância para que se alcance o sucesso das próximas etapas.

Executar: implementar os processos, nessa etapa, tudo que foi estabelecido anteriormente deve ser posto em prática.

Verificar: monitorar e medir os processos em conformidade com a política ambiental, objetivos, metas e requisitos legais e outros, e relatar os resultados. Pois essa verificação deve ser contínua, para que não implique em sérios problemas aos processos, ou produtos finais.

Agir: agir para continuamente melhorar o desempenho do sistema de gestão ambiental, pois a valorização dos efluentes por meio da digestão anaeróbia será mais um processo dentro da vinícola, o qual vai necessitar melhoras periodicamente e maiores incentivos por parte de todos os setores industriais, pois os benefícios são alcançados, além da certificação e melhoria no desempenho ambiental do setor vitivinícola.

Para mais, segundo Ferreira (2007), em seu estudo apresenta uma série de benefícios da gestão ambiental industrial no processo produtivo, dentre esses, destacam-se:

- a) economia de materiais, decorrente do processamento, da substituição, da reutilização ou da reciclagem dos insumos de produção;
- b) melhor utilização dos subprodutos;
- c) menor consumo de energia durante o processo de beneficiamento;
- d) aumento no rendimento do processo;
- e) redução dos custos de armazenamento e manuseio de materiais;
- f) conversão dos desperdícios na forma de valor.

CONCLUSÕES

Podemos concluir que uma vinícola de médio porte produz uma quantidade significativa de vinho e conseqüentemente de resíduos líquidos, que podem ser utilizados para produção de energia térmica e elétrica, por meio da digestão anaeróbia, além da possibilidade do uso do digestato líquido como biofertilizante agrícola nos pomares de uva. Com uma produção de $3,21E+04$ kWh/ano de energia térmica e $6,06E+04$ kWh/ano de energia elétrica, possibilitando um corte de gastos com energia elétrica de 40%. Já a produção do digestato apresentado foi de $1,30E+06$ l/ano, o qual seu uso como adubo orgânico pode melhorar a produção da uva.

Quando os subprodutos gerados são utilizados na própria vinícola acarretam em benefícios sociais, econômicos e ambientais, além do uso ambientalmente correto do efluente como uma prática de gestão ambiental industrial, com certificações e processos sustentáveis envolvendo a produção do vinho, uma bebida de extrema importância no estado do Rio Grande do Sul e no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARIUNBAATAR, J., PANICO, A., ESPOSITO, G., PIROZZI, F., & LENS, P. N. Pretreatment methods to enhance anaerobic digestion of organic solid waste. *Applied energy*, v. 123, p. 143-156, 2014.
2. BHARATHIRAJA, B., IYYAPPAN, J., JAYAMUTHUNAGAI, J., KUMAR, R. P., SIROHI, R., GNANSOUNOU, E., & PANDEY, A. Critical review on bioconversion of winery wastes into value-added products. *Industrial Crops and Products*, v. 158, p. 112954, 2020.
3. BARBIERI, J. C. *Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. São Paulo: Saraiva, 2007.
4. COLTURATO. Redução de volume do digestato. Informações adquiridas em 17 out. 2018. Utilizadas no estudo de Cunha, 2018.
5. CUNHA, Natália da. Projeto de uma planta de tratamento anaeróbio de resíduos vînicos com aproveitamento energético do biogás gerado. 2018.
6. CORTÉS, Antonio; MOREIRA, Maria Teresa; FEIJOO, Gumersindo. Integrated evaluation of wine lees valorization to produce value-added products. *Waste Management*, v. 95, p. 70-77, 2019.
7. DA ROS, C., CAVINATO, C., PAVAN, P., & BOLZONELLA, D. Mesophilic and thermophilic anaerobic co-digestion of winery wastewater sludge and wine lees: An integrated approach for sustainable wine production. *Journal of environmental management*, v. 203, p. 745-752, 2017.
8. FERREIRA, J. C.; FRANCISCO, A. C.; *Gestão Ambiental fator competitivo dentro do mundo dos negócios*. Ponta Grossa, set-2007.
9. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER – FEPAM. Dados licença de operação. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br>>. Acesso em: julho de 2021.
10. GAVRONSKI, I.; FERRER, G.; PAIVA, E. L. ISO 14001 certification in Brazil: motivations and benefits. *Journal of Cleaner Production*, v. 16, n. 1, p. 87-94, 2008.

11. GUERINI FILHO, M., LUMI, M., HASAN, C., MARDER, M., LEITE, L. C., & KONRAD, O. Energy recovery from wine sector wastes: a study about the biogas generation potential in a vineyard from Rio Grande do Sul, Brazil. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, v. 29, p. 44-49, 2018.
12. NBR ISO 14001: Sistema de gestão ambiental: diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio. Rio de Janeiro, 2005.
13. NADALETI, Willian César et al. Aproveitamento de biogás, hidrogênio e gás de síntese no setor de transporte público e agroindustrial de arroz: estudo de potencial energético de resíduos e emissões de poluentes= Biogas, hydrogen and syngas utilization in the public transport sector and rice agroindustry: study of energy potential of waste and pollutant emissions. 2017.
14. Soceanu, A., Dobrinas, S., Sirbu, A., Manea, N., & Popescu, V. Economic aspects of waste recovery in the wine industry. A multidisciplinary approach. *Science of The Total Environment*, v. 759, p. 143543, 2021.
15. TESLA – TRANSFERING ENERGY SAVE LAID ON AGROINDUSTRY, “Efficient Wineries Handbook”, Universidad Politécnica de Madrid, 2014.
16. UNFCCC - IPCC - International Panel on Climate Change. *Climate Change 2013: the Physical Science Basis*, (2013). Acessado em julho de 2021. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf