

**NOTA TÉCNICA:****MÉTODO PARA SELEÇÃO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM AGROINDÚSTRIAS DE MICRO E PEQUENO PORTE**

Luiz Paulo de Lima<sup>1</sup>, Aline Gomes Ferreira<sup>2</sup>, Lucas Rafael Lommez Vaz<sup>3</sup>, Willian Rufino Andrade<sup>4</sup> & Cecília de Fátima Souza Ferreira<sup>5</sup>

1 - Engenheiro de Alimentos, Professor do Eixo de Produção Alimentícia, IFSC/Canoinhas-SC, [luiz.paulo@ifsc.edu.br](mailto:luiz.paulo@ifsc.edu.br)

2 - Engenheira Sanitarista e Ambiental, Mestranda em Engenharia Agrícola, UFV/Viçosa-MG, [alinegfer@gmail.com](mailto:alinegfer@gmail.com)

3 - Engenheiro Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola, UFV/Viçosa-MG, [lucas.lommez@ufv.br](mailto:lucas.lommez@ufv.br)

4 - Zootecnista, Mestrando em Engenharia Agrícola, UFV/Viçosa-MG, [willian.andrade@ufv.br](mailto:willian.andrade@ufv.br)

5 - Engenheira Agrícola, Professora do curso de Engenharia Agrícola, UFV/Viçosa-MG, [cfsouza@ufv.br](mailto:cfsouza@ufv.br)

**Palavras-chave:**

águas residuárias  
gestão ambiental  
saneamento  
pontuação ponderada  
resíduos  
tomada de decisão

**RESUMO**

O tratamento adequado de resíduos agroindustriais é obrigatório, independentemente do perfil e do porte da atividade. Contudo, a seleção de um sistema de tratamento considerando aspectos econômicos, ambientais e sociais não é uma decisão simples. Dessa forma, neste estudo, propõe-se um método para a tomada de decisão no processo de escolha de sistema de tratamento de efluentes agroindustriais. O método proposto baseia-se na pontuação ponderada de indicadores de sustentabilidade para direcionar a tomada de decisão, levando-se em consideração as especificidades do empreendimento. A fim de exemplificar a utilização do método, utilizou-se um estudo de caso para um laticínio de pequeno porte. Os resultados indicaram que o método apresenta-se como uma alternativa viável para a seleção de sistemas de tratamento de efluentes agroindustriais de micro e pequeno porte. No estudo de caso proposto, o sistema de tratamento mais adequado foi o constituído de tratamento preliminar, seguido de reator anaeróbio (UASB). A principal vantagem do método é a capacidade de ajuste dos indicadores e de seus respectivos pesos, em função das especificidades de cada projeto. Entretanto, essa subjetividade associada à escolha dos indicadores e à atribuição dos pesos pode resultar em tomadas de decisão inadequadas, caso estes aspectos não sejam avaliados adequadamente.

**Keywords:**

decision-making  
environmental management  
residues  
sanitation  
wastewater  
weighted score

**METHOD FOR EFFLUENT TREATMENT SYSTEM SELECTION IN MICRO AND SMALL AGROINDUSTRIES****ABSTRACT**

A proper agro-industrial waste treatment is mandatory, independently of the production profile and size. However, the ability to select an inexpensive waste treatment system taking into consideration environmental and social aspects is not simple. In this context, this study proposes a methodology for a decision-making process regarding agro-industrial waste treatment system choice. The proposed methodology is based on the scoring of sustainability indicators to guide the decision-making process taking into account each business specificity. In order to demonstrate the feasibility of this method, a case-study was carried out to assess the most indicated waste treatment for a small-scale facility of dairy processing. The results have showed that the method is a feasible option to help in the selection of a waste treatment system for agro-industrial effluent of micro and small plant-scale. In the proposed case-study, the most adequate waste treatment system was comprised by a pre-treatment followed by an Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB). The main advantage of this method is the possibility of adjusting the score index according to the scoring weight taking into account the specificities of each project. Nevertheless, the subjectivity of this method associated to index choice and to weights assignment may result in an inadequate decision-making if all these aspects are not well investigated.

## INTRODUÇÃO

A agropecuária tem apresentado constante e relevante importância para a economia Brasileira. Em 2017, este setor apresentou um crescimento acumulado de 13% e seu faturamento equivalente a cerca de 23% do Produto Interno Bruto (PIB) Brasileiro, de acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária Nacional (CNA, 2017). Entre os segmentos mais relevantes do setor, em termos econômicos, está a bovinocultura leiteira. Em 2017, segundo estimativas do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), foram produzidos, no Brasil,  $34,5 \times 10^9$  L de leite, sendo que grande parte desse volume foi processado nas indústrias de beneficiamento do leite.

Entre os tipos de resíduos gerados nas agroindústrias, os efluentes líquidos são, normalmente, os mais representativos. A disposição mais comum desses efluentes é o seu lançamento em corpos d'água e solo, podendo impactar de forma mais abrangente, em maior ou menor grau, os recursos hídricos e a biota, inviabilizando os usos preponderantes da água. Nos laticínios, grandes volumes de água são demandados, principalmente durante o processo de higienização, o que gera elevados volumes de efluentes (SILVA, 2011). Tecnologias de tratamento, portanto, precisam ser implementadas para garantir a qualidade ambiental, minimizar impactos sociais, custos com o tratamento e, ainda, atender às exigências legais quanto à destinação correta de resíduos.

Entretanto, a escolha por um sistema de tratamento tem sido uma atividade bastante desafiadora, por envolver múltiplos fatores e agentes. Ademais, não há sistema ideal aplicável a todos os casos (VON SPERLING, 1996). Dessa forma, uma análise específica envolvendo aspectos ambientais, sociais e econômicos é necessária para melhor corresponder às demandas locais, incluindo casos mais simples ou em comunidades menores (MOLINOS-SENANTE *et al.*, 2015). Muitas vezes, os indicadores financeiros, como custos de implantação, operação e manutenção são determinantes para a tomada de decisão, principalmente em se tratando de países em desenvolvimento (OLIVEIRA, 2004; VON

SPERLING, 2014). Assim, outros aspectos relevantes, como os ambientais (LEONETI *et al.*, 2010) e sociais (POPOVIC *et al.*, 2013), acabam sendo sobrepostos por critérios econômicos.

A seleção do sistema mais apropriado para determinada situação é complexa e constitui o grande desafio dos profissionais da área (KALBAR *et al.*, 2012). Cenário este que é agravado quando se trata de efluentes agroindustriais, pois a maior parte dos métodos de tomada de decisão atualmente disponíveis são voltados para o gerenciamento de esgoto sanitário. No caso de agroindústrias de micro e pequeno porte, o desafio é ainda maior, devido ao limitado domínio técnico sobre a temática. De certa forma, pode-se admitir que o processo de tomada de decisão deriva de uma avaliação multicriterial, para determinação do sistema que melhor atenda às peculiaridades de cada caso. Para tal avaliação, uma das alternativas é utilizar a Análise Hierárquica de Processos (AHP), uma técnica de atribuição de pesos amplamente conhecida, relativamente simples e que pode ser aplicada inclusive para decisões ambientais (MORETTI *et al.*, 2008).

Portanto, este estudo objetivou apresentar um método de tomada de decisão para a escolha de sistema de tratamento de efluentes agroindustriais, levando-se em consideração a atribuição de pesos para indicadores de sustentabilidade, por meio de um método baseado em AHP.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para a seleção dos sistemas de tratamento, propõe-se uma metodologia baseada na pontuação ponderada de indicadores de sustentabilidade. No formato em que foi proposta neste trabalho, a metodologia permite a simulação de sistemas de tratamento compostos por uma unidade de tratamento preliminar em conjunto a uma unidade de tratamento primário (ou secundário). De acordo com von Sperling (2014), a unidade de tratamento preliminar deve sempre existir, seja qual for a configuração. Portanto, ao considerar que a presença da unidade de tratamento preliminar é um pressuposto da metodologia, esta se resume na identificação da unidade de tratamento suplementar mais adequada, de acordo com as características

do efluente e com os pesos e indicadores de sustentabilidade considerados. Para tal, propõe-se seguir as etapas abaixo:

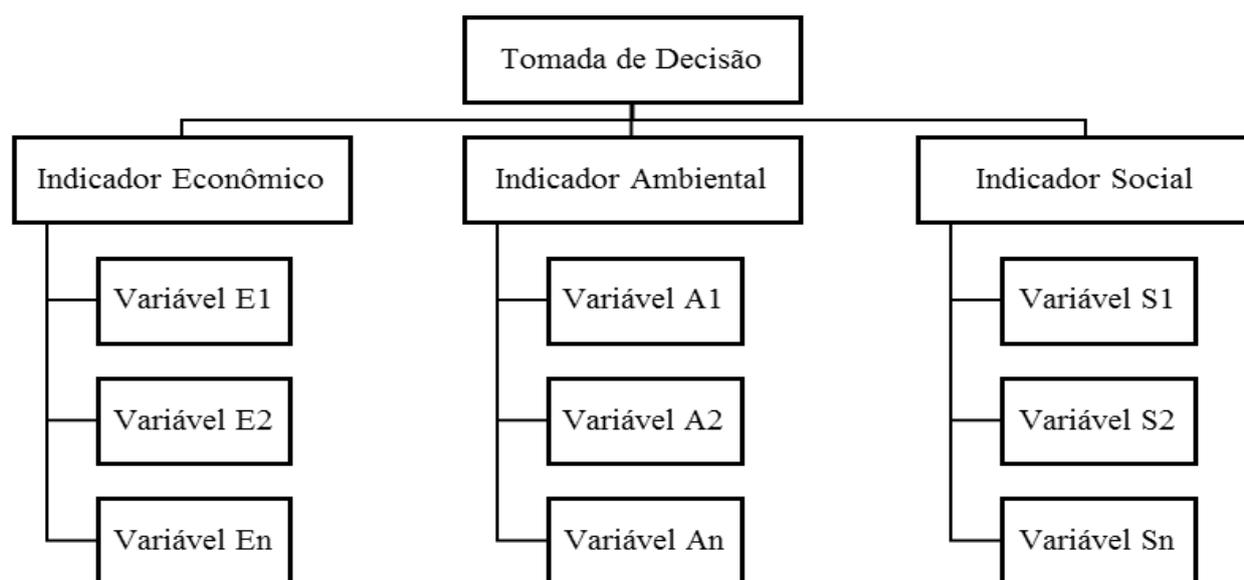
- i) Atribuição de pesos (importância) aos indicadores de sustentabilidade (indicadores econômico, ambiental e social);
- ii) Avaliação da adequação do sistema de tratamento (tratamento preliminar + alternativa de tratamento avaliada) em relação aos indicadores de sustentabilidade;
- iii) Identificação da pontuação ponderada de cada sistema de tratamento com base na sua respectiva adequação a cada indicador e na importância atribuída aos mesmos.

A atribuição de pesos aos indicadores de sustentabilidade permite ajustar suas respectivas relevâncias, conforme as características específicas de cada projeto. Por exemplo, num estudo de caso em que a disponibilidade de capital possa ser um fator limitante, este indicador certamente deverá ser mais representativo quando comparado a outro estudo em que não haja esta limitação, ou que ela não seja tão severa. O mesmo mecanismo também pode ser utilizado com o intuito de avaliar, em um mesmo estudo, o impacto da importância atribuída aos diferentes indicadores na decisão final. A

Figura 1 ilustra o processo de tomada de decisão feito a partir dos indicadores de sustentabilidade.

É preciso ressaltar que cada indicador pode ser formado por uma ou mais variáveis. A escolha das variáveis que serão associadas a cada indicador depende das especificidades de cada projeto, bem como da disponibilidade de dados que permitam uma comparação entre os sistemas de tratamento a serem investigados. As configurações dos sistemas de tratamento também dependem da disponibilidade de dados específicos sobre cada um dos processos de tratamento utilizados em complemento ao tratamento preliminar.

A avaliação da adequação do sistema de tratamento em relação aos indicadores deve ser realizada por meio de uma escala padrão, a fim de uniformizar a comparação. Para tal, sugere-se o uso de uma escala tipo Likert, de nove pontos, conforme ilustrado na Tabela 1. Proposta inicialmente por Rensis Likert em 1932 (LIKERT, 1932), as escalas tipo Likert, que se popularizaram na área de ciências sociais, consistem basicamente na escolha de um dos pontos fixos estipulados numa determinada linha ou sequência (DALMORO & VIEIRA, 2013). A atribuição das notas por meio da escala pode ser feita utilizando dados quantitativos ou análise qualitativa dos indicadores para cada um dos sistemas de tratamento investigados.



**Figura 1.** Processo de tomada de decisão a partir dos indicadores de sustentabilidade. Cada indicador pode ser formado por uma ou mais variáveis.

O uso de indicadores quantitativos (e.g. preços, áreas, etc.) para valoração das notas é bastante recomendado, uma vez que é uma forma de diminuir o grau de subjetividade inerente à análise. Com relação à análise qualitativa, esta deve ser, preferencialmente, realizada com o auxílio de especialistas. A Tabela 2 ilustra um exemplo da atribuição de notas, com base em indicadores quantitativos, para alguns sistemas de tratamento.

Por fim, deve-se combinar a pontuação atribuída a cada sistema de tratamento, com relação às variáveis dos indicadores de sustentabilidade (Tabela 2), com o peso atribuído a cada uma das variáveis dos indicadores de sustentabilidade (Figura 1). Então, deve-se estimar a pontuação final de cada sistema a partir da combinação destes dados, na forma de uma média ponderada.

Segundo Moraiva (2007), o método da pontuação ponderada é um sistema simplificado de avaliação nas decisões que contenham alto grau de subjetividade. Neste método é necessário estabelecer critérios de avaliação que designem, a cada fator, um valor proporcional à sua importância em relação aos outros fatores em consideração. Ao mesmo tempo, deve-se atribuir a cada fator um valor relativo ao grau ou à qualidade do fator existente em cada alternativa de solução (MORAIVA, 2007). A atribuição de pesos aos indicadores de sustentabilidade e notas aos sistemas de tratamento, por meio de um painel de especialistas, também é uma alternativa para diminuir a subjetividade inerente ao método. Segundo Lima *et al.* (2009), neste método, profissionais com experiência no assunto abordado são reunidos para a avaliação e,

**Tabela 1.** Escala tipo Likert, de nove pontos, proposta para a atribuição de notas aos processos de tratamento de efluentes em cada um dos fatores analisados.

Termos verbais	Valores numéricos
Muitíssimo adequado	9
Muito adequado	8
Moderadamente adequado	7
Ligeiramente adequado	6
Indiferente	5
Ligeiramente inadequado	4
Moderadamente inadequado	3
Muito inadequado	2
Muitíssimo inadequado	1

**Tabela 2.** Exemplo da atribuição de notas para alguns sistemas de tratamento, com base em indicadores quantitativos. Os nomes ilustrados no quadro representam o tratamento suplementar utilizado em conjunto com o tratamento primário, em cada um dos sistemas avaliados.

Parâmetro	Custo de implantação	Custo de operação e manutenção	Consumo de energia	Eficiência de remoção de DBO
Filtro biológico	1,0	2,6	9,0	8,5
Lagoa aerada (aeróbia)	5,2	6,3	1,4	1,0
Lagoa aerada (facultativa)	6,3	6,3	3,7	6,9
Lagoa anaeróbia	9,0	9,0	9,0	3,4
Lagoa facultativa	7,7	8,9	9,0	6,9
Lodo ativado	1,4	1,0	1,0	9,0
Reator anaeróbio (UASB)	8,7	8,9	9,0	3,8
Wetland	6,7	8,7	9,0	8,1

posteriormente, emitem um parecer. As avaliações são realizadas em seções de *brainstorming*, nas quais ideias são lançadas e discutidas até que se chegue a um consenso.

Cabe ressaltar que a análise de escolha do sistema de tratamento mais adequado deve ser conduzida aliada à verificação: (i) da eficiência do sistema em relação às exigências das legislações pertinentes e (ii) da área necessária para construção do sistema, em relação à área disponível para tal.

A fim de ilustrar a aplicação do método proposto, um estudo de caso foi realizado em uma pequena indústria de agricultura familiar com geração de aproximadamente 7.300 L/d de efluentes; fração biodegradável de 72,5%, com atividades de produção e beneficiamento de leite (bovinocultura e laticínio), localizado na mesorregião do Vale do Rio Doce, em Minas Gerais. Para tal, considerou-se que a disponibilidade de recursos para investimento no sistema, a margem de lucro para inserção dos custos associados ao tratamento e a disponibilidade de área para a construção do sistema são as limitações mais relevantes para a tomada de decisão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a seleção do sistema de tratamento mais adequado ao estudo de caso, foi utilizado o método proposto, considerando os indicadores de sustentabilidade econômico, ambiental e social constituídos pelas variáveis utilizadas por Leoneti *et al.* (2013) (Tabela 3).

Foi atribuído peso quatro à variável “custos operacionais”, por entender que o laticínio trabalha

com produtos de baixo valor agregado e, portanto, a utilização de um sistema de tratamento de baixo custo e que atenda à legislação é de maior interesse por parte do proprietário. Ademais, também foi atribuído peso quatro para o “custo de implantação”. Neste caso, considerou-se que, por se tratar de um laticínio de pequeno porte, o proprietário apresentaria dificuldade para realizar maiores investimentos num sistema para o tratamento dos efluentes. Os indicadores sociais “nível de odor” e “espaço necessário” receberam peso dois, em função da proximidade da estação com áreas residenciais e da área relativamente pequena disponível para a instalação do sistema.

Considerando a distribuição de pesos, a dimensão econômica representou 44% da importância atribuída, enquanto as dimensões ambiental e social representaram, igualmente, 28% cada. Cabe ressaltar que o laticínio em questão não enfrenta nenhuma exigência no âmbito ambiental ou social, além daquelas aplicáveis a qualquer empreendimento do ramo.

Assim, foram avaliados processos de tratamento primário e secundário, englobando lagoa anaeróbia, reator anaeróbio do tipo UASB, lagoa facultativa, lodo ativado, filtro biológico, lagoa aerada e *wetland*, a fim de se identificar uma alternativa capaz de complementar o tratamento preliminar, atendendo não só a legislação, mas também os interesses estabelecidos para o estudo de caso em questão (Tabela 3). Para auxiliar a mensuração dos escores, foram utilizados dados quantitativos referentes aos processos de tratamento avaliados, com relação às variáveis contidas na Tabela 3. Todos os dados foram extraídos de Leoneti *et al.*

**Tabela 3.** Pesos atribuídos às variáveis constituintes dos indicadores.

Indicador	Variável	Peso
Econômico	Custo de implantação	4
	Custos operacionais*	4
Ambiental	Consumo de energia	1
	Eficiência de remoção de DBO	1
	Eficiência de remoção de Nitrogênio	1
	Eficiência de remoção de Fósforo	1
	Produção de lodo	1
Social	Nível de odor	2
	Espaço necessário	2
	Número de funcionários requeridos	1

\*Abrange as variáveis “custo de operação e manutenção” e “custo para o usuário”, disponíveis em Leoneti *et al.* (2013).

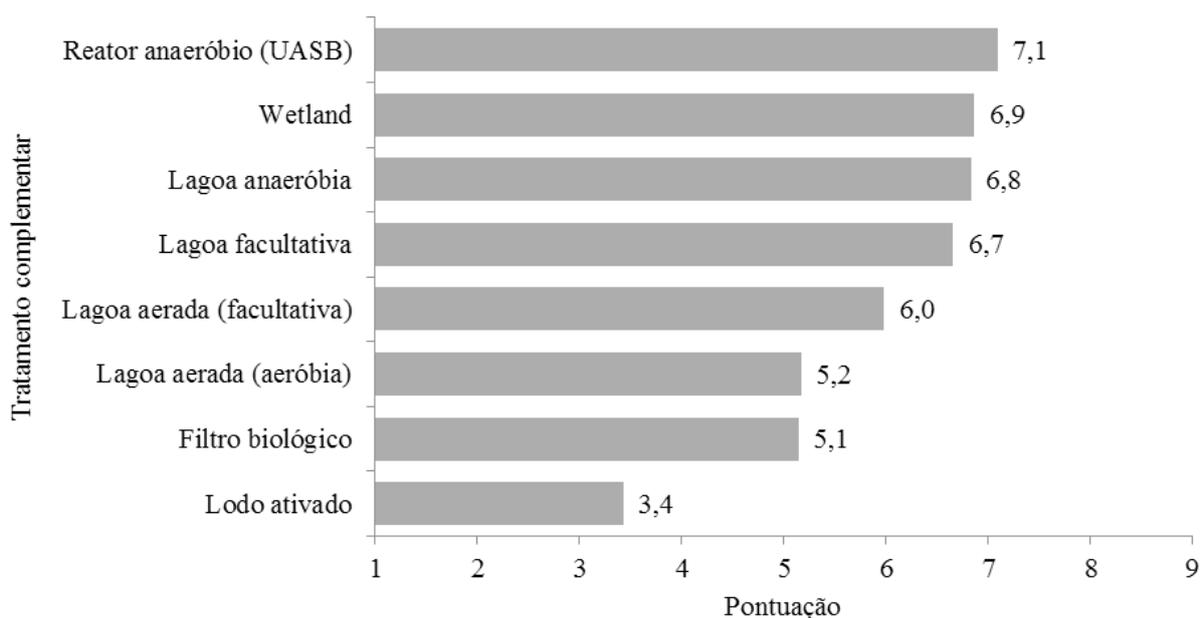
(2013), a partir de diversas fontes (METCALF & EDDY, 1991; GESELBRACHT, 2006; VON SPERLING, 2006; JORDÃO & PESSÔA, 2009; LEONETI, 2009; SNIS, 2009; LEONETI *et al.*, 2013).

Os escores obtidos indicam que, em virtude das prioridades consideradas para o projeto, a utilização de um reator anaeróbio (UASB), em complemento ao tratamento preliminar, seria a alternativa mais adequada (Figura 2). Provavelmente, este resultado está associado à maior importância atribuída ao indicador econômico, quando comparado ao ambiental e ao social. Isso fica evidenciado quando se verifica que, além do UASB, tratamentos como lagoa anaeróbia, *wetland* e lagoa facultativa estão ordenados à frente de lagoa aerada, filtro biológico e lodo ativado, que são tratamentos que possuem maior custo operacional, apesar de serem mais eficientes, ocuparem menor espaço e implicarem em menor emissão de odores. De acordo com a escala utilizada no estudo (Tabela 1), pode-se afirmar que este processo é moderadamente adequado às necessidades avaliadas (Tabela 3).

O reator UASB, desenvolvido na década de 1970 na Holanda por Gatze Lettinga e colaboradores, apresenta vantagens, como menor demanda de área, custo reduzido de construção e operação em relação a sistemas aeróbios, baixa produção

de lodo e remoções de DQO da ordem de 70% (CHERNICHARO, 2016; KASSAB *et al.*, 2010). Este reator caracteriza-se pela entrada de esgoto pelo fundo, em fluxo ascendente, e pelo sistema de separação das fases líquida, sólida e gasosa, na parte superior, com o lodo suspenso agrupado em flocos e grânulos (JORDÃO; PESSOA, 2014). De todo o esgoto tratado nos municípios brasileiros, o UASB está presente em boa parte das estações de tratamento (ETE), levando o Brasil ao topo da lista de países que tratam seus efluentes municipais através deste sistema (BRASIL, 2015). Os reatores UASB também são recomendados para tratamento unifamiliar ou de pequeno porte, pois são tecnicamente simples e economicamente viáveis (FREITAS, 2012).

De acordo com os dados disponíveis em Leoneti *et al.* (2013), também é possível obter estimativas para as taxas de remoção de DBO e da área necessária para a construção das instalações em cada uma das alternativas avaliadas. Estas estimativas, apesar de serem úteis para a tomada de decisão, em conjunto com os resultados ilustrados na Figura 3, devem ser utilizadas com cautela. Portanto, deve-se realizar uma avaliação periódica da qualidade do efluente tratado, bem como utilizar equações específicas ou procurar um profissional qualificado para o dimensionamento do sistema de



**Figura 2.** Escores obtidos para cada um dos tratamentos avaliados.

tratamento selecionado.

O método apresenta-se como uma alternativa viável para a seleção de sistemas de tratamento de efluentes para empreendimentos agroindustriais. A utilização de indicadores de sustentabilidade é importante, pois permite superar as limitações associadas à uma avaliação baseada unicamente em critérios econômicos. A escolha das variáveis e atribuição dos pesos (importância) às variáveis de sustentabilidade proporciona flexibilidade ao método, no que se refere ao ajuste em função das peculiaridades de cada caso. Entretanto, na ausência de valores quantitativos sobre os processos de tratamento avaliados, o método exige um nível avançado de conhecimento técnico para a atribuição das notas.

Ressalta-se que o método não pode ser validado estatisticamente e não é indicado para unidades de tratamento que exijam maior complexidade, como, por exemplo, um sistema que demande a conjugação de diferentes unidades e níveis de tratamento. Isso se deve ao fato de que nesse tipo de sistema estariam envolvidos uma gama maior de variáveis para a tomada de decisão. Por isso, o método proposto deve ter aplicação restrita a casos menos complexos (e.g. agroindústrias de micro e pequeno porte) e, sempre que possível, recomenda-se o seu uso em conjunto com a assistência de um especialista.

## CONCLUSÕES

- O método proposto apresenta-se como uma alternativa viável para a seleção de sistemas de tratamento de efluentes para empreendimentos agroindustriais.
- No estudo de caso proposto foi indicada, como alternativa mais adequada, um sistema composto por tratamento preliminar, seguido de reator anaeróbico UASB, o que foi associado aos altos pesos atribuídos ao indicador econômico, em detrimento dos indicadores ambiental e social.
- A aplicação do método é incentivada, em função da sua capacidade de ajuste dos critérios de seleção de um processo de tratamento do efluente, de acordo com as especificidades

de cada projeto. Contudo, em função da simplicidade do sistema que é recomendado, tratamento preliminar seguido de tratamento primário ou secundário, recomenda-se que o método seja aplicado apenas em casos de menor complexidade.

- O método pode resultar em tomadas de decisão inadequadas, caso as escolhas tomadas pelo pesquisador (e.g. escolhas das variáveis e atribuição de pesos) não sejam avaliadas adequadamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. **Tecnologias de digestão anaeróbia com relevância para o Brasil**: substratos, digestores e uso de biogás. Probiogás; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für International e Zusammenarbeit GmbH (GIZ); autores, O. JENDE *et al.* Brasília, DF, 2015. 83p.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores Anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2016. 379p.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. **PIB e Performance do Agronegócio**. Disponível em: <[http://www.cnabrazil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/02\\_pib.pdf](http://www.cnabrazil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/02_pib.pdf)> Acesso em: 8 mar. 2018.

DALMORO, M.; VIEIRA, K.M. Dilemas na construção de escalas tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados? **Revista Gestão Organizacional**, v.6, n.3 p.161-174, 2013.

FREITAS, E.M. **Estudo comparativo entre reatores UASB e tanque séptico, em escala unifamiliar, no tratamento de esgoto de comunidade quilombola amazônica**. Belém, 2012. 173f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Belém, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. 2012.

- GESELBRACHT, J. **WWTP Staffing**. Water Works Engineers, Version 1.01. Disponível em: <<http://www.wwengineers.com>>. Acesso em: 16 ago. 2006.
- JORDÃO, E.M.; PESSÔA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Editora, ABES, 2014. 1087p.
- JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 941p.
- KALBAR, P.P.; KARMAKAR, S.; ASOLEKAR, S.R. Technology assessment for wastewater treatment using multiple-attribute decision-making. **Technology in Society**, v.34, n.4, p.295-302, 2012.
- KASSAB, G.; HALALSHEH, M.; KLAPWIJK, A. ; FAYYAD, M.; VAN LIER, J.B. Sequential anaerobic-aerobic treatment for domestic wastewater. **Bioresource Technology**. v.101, p.3299-3310. 2010.
- LEONETI, A.B. **Avaliação de modelo de tomada de decisão para escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário**. 2009. 154f. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.
- LEONETI, A.B.; OLIVEIRA, S.V.W.B.; OLIVEIRA, M.M.B. O equilíbrio de Nash como uma solução para o conflito entre eficiência e custo na escolha de sistemas de tratamento de esgoto sanitário com o auxílio de um modelo de tomada de decisão. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.15, n.1, p.53-64. 2010.
- LEONETI, A.B.; OLIVEIRA, S.V.W.B.; PIRES, E.C. Método baseado em indicadores de sustentabilidade para escolha de estações de tratamento de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n.30, p.56-67, 2013.
- LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**. v.22, n.140, p.44-53, 1932.
- LIMA, C.R.A.; SCHRAMM, J.M.A.; COELI, C.M.; SILVA, M.E.M. Revisão das dimensões de qualidade dos dados e métodos aplicados na avaliação dos sistemas de informação em saúde. **Cad. Saúde Pública**, v.25, n.10, p.2095-2109, 2009.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Projeções do Agronegócio Brasil**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/proj\\_agronegocio2016.pdf/view](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/proj_agronegocio2016.pdf/view)>. Acesso em: 8 mar. 2018.
- METCALF, A.; EDDY, M.S. **Wastewater Engineering**. Treatment, Disposal and Reuse. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1991.
- MOLINOS-SENANTE, M.; GOMEZ, T.; CABALLERO, R.; HERNANDEZ-SANCHO, F.; SALA-GARRIDO, R. Assessment of wastewater treatment alternatives for small communities: An analytic network process approach. **Science of The Total Environment**, v.532, p.676-687, 2015.
- MORAVIA, W.G. **Estudos de caracterização, tratabilidade e condicionamento de lixiviados visando tratamento por lagoas**. Belo Horizonte, 2007. 174f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Belo Horizonte, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2007.
- MORETTI, G.N.; SAUTTER, K.D.; AZEVEDO, J.A.M. ISO 14001: implementar ou não? Uma proposta para a tomada de decisão. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.13, n.4, p.416-425, 2008.
- OLIVEIRA, S.V.W.B. **Modelo para tomada de decisão na escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário**. 2004. 293f. Tese (Doutorado em Administração) – São Paulo, Pós-graduação em Administração, 2004.

POPOVIC, T.; KRASLAWSKI, A.; AVRAMENKO, Y. Applicability of sustainability indicators to wastewater treatment processes. In: **Computer Aided Chemical Engineering**. Elsevier, 2013. p.931-936.

SILVA, D.J.P. Resíduos na indústria de laticínios. **Série Sistema de Gestão Ambiental**. Universidade Federal de Viçosa, 2011. Disponível em: <<https://www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/saibaMais/saibaMais2.pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2018.

SILVEIRA, D.D. **Modelo para seleção de sistemas de tratamento de efluentes de indústrias de carnes**. Florianópolis, 1999. 286f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Florianópolis, Pós-

graduação em Engenharia de Produção, 1999.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos**. Site institucional, 2009. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 9 de mar. 2018.

VON SPERLING, M. Comparison among the most frequently used systems for wastewater treatment in developing countries. **Water Science and Technology**, v.33, n.3, p.59-72, 1996.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 43. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.