



## Análise emergética uma proposta para o setor sucroalcooleiro do Estado de Alagoas – Brasil

### Emergy analysis a proposal for the sugar-alcohol sector of the State of Alagoas – Brazil

Ivanildo Cavalcanti Timóteo<sup>1</sup>; Jessé Marques da Silva Junior Pavão<sup>2</sup>;  
Selenobaldo Alexinaldo Cabral de Sant'Anna<sup>3</sup>

<sup>(1)</sup>Discente Curso Pós-Graduação Análise de Sistemas Ambientais do Centro Universitário Cesmac PPGASA-CESMAC, e Docente do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia IFAL-Campus Maceió, Alagoas, (ivanildo-timoteo@hotmail.com);

<sup>(2)</sup>Docentes do Curso Pós-Graduação Análise de Sistemas Ambientais do Centro Universitário Cesmac PPGASA-CESMAC, Maceió, Alagoas, (marquesjjunior@gmail.com; jesse.marques@cesmac.edu.br);

<sup>(3)</sup>Docentes do Curso Pós-Graduação Análise de Sistemas Ambientais do Centro Universitário Cesmac PPGASA-CESMAC, Maceió, Alagoas, (selenobaldo@gmail.com; selenobaldo.santanna@cesmac.edu.br).

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

Recebido em: 30 de setembro de 2019; Aceito em: 05 de janeiro de 2020; publicado em 10 de 01 de 2020. Copyright© Autor, 2020.

**RESUMO:** A cana-de-açúcar destaca-se como um dos principais produtos agrícolas no Brasil e de grande importância sócio, econômico e ambiental. No Estado de Alagoas ela tem um papel marcante no desenvolvimento social e econômico do Estado e que é marcado por um processo histórico de utilização da terra, dos recursos hídricos, de insumos agrícolas e mecanização. Uma análise da produção de cana-de-açúcar e seus produtos no Estado de Alagoas, que leve em consideração os serviços ecossistêmicos dos solos dos tabuleiros costeiros deve considerar a metodologia emergética. Assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo de caso dos serviços ecossistêmicos dos solos nos tabuleiros costeiros no Estado de Alagoas, através da análise emergética de uma agroindústria do setor sucroalcooleiro. O estudo será realizado junto a unidade sucroalcooleira energética no Município de Rio Largo-AL, localizado na região dos Tabuleiros Costeiros, o levantamento dos dados agrícolas e industriais serão obtidos junto a unidade sucroalcooleira energética. Os fluxos de entrada e saída de energia, materiais e capital da unidade sucroalcooleira energética serão identificados e quantificados. Em seguida serão utilizadas tabelas de transformidades para os cálculos emergéticos, construídos os respectivos diagramas e avaliada a capacidade de suporte de cada etapa dos processos da usina e por fim, os dados serão interpretados sobre a ótica da sustentabilidade. No município de Rio Largo-AL foi selecionado uma sucroalcooleira energética pertencente ao grupo Santa Clotilde, fundada em 1967, e que se encontra em atividade e com produção de açúcar, álcool e energia e que são expressivos para a região dos Tabuleiros Costeiros. As atividades do projeto encontram-se na fase de levantamento de dados das atividades agrícolas e industrial da unidade. O presente trabalho contribui com um melhor entendimento dos processos ecológico e econômico do setor sucroalcooleiro energético no Nordeste do Brasil. Dessa forma, o estudo possibilitará agregar informações que possam ser utilizadas na comparação entre outras unidades sucroalcooleiro energético da região.

**PALAVRAS-CHAVES:** Cana-de-açúcar, Transformidade, Sustentabilidade

**ABSTRACT:** Sugarcane stands out as one of the main agricultural products in Brazil and of great social, economic and environmental importance. The present work aims to conduct a case study of the ecosystem services of the soils in the Coastal Tablelands in the State of Alagoas, through the emergent analysis of an agroindustry of the sugar and alcohol sector. The study will be carried out with the sugarcane energy unit in the city of Rio Largo-AL. The survey of agricultural and industrial data will be obtained from the sugarcane energy unit. The input and output flows of energy, materials and capital of the sugarcane plant will be identified and quantified. Transformity tables will be used for the emergy calculations, the respective diagrams will be constructed and the carrying capacity of each plant process step will be evaluated and, finally, the data will be interpreted from the perspective of sustainability. In the municipality of Rio Largo-AL was selected an energy sugar-alcohol belonging to the Santa Clotilde group, which is active and with production of sugar, alcohol and energy and which are expressive for the Coastal Tablelands region. The project activities are in the data collection phase of the unit's agricultural and industrial activities. This paper contributes to a better understanding of the ecological and economic processes of the sugar and alcohol sector in the Northeast of Brazil. Thus, the study will make it possible to add information that can be used in the comparison between other energy sugarcane units in the region.

**KEYWORDS:** Sugarcane. Transformity. Sustainability.

## INTRODUÇÃO

A matriz energética mundial é constituída de combustíveis renováveis e não renováveis, que de acordo com a sua disponibilidade, abastecem crescentes frotas de veículos e máquinas utilizadas para movimentar a economia e possibilitar o desenvolvimento econômico e social (NEVES et al., 2017).

Ainda segundo Neves et al, (2017) o setor sucoenergético brasileiro mostra sua força, produzindo diferentes formas de agroenergia (açúcar, etanol, eletricidade e outros produtos) sustentáveis e renováveis, que são capazes de suprir a demanda presente sem comprometer o meio ambiente e a disponibilidade para gerações futuras.

O Brasil tem tradição secular no cultivo e processamento de cana-de-açúcar e no início dessa atividade, o sistema de produção que se consolidou no país, encontrava-se especificamente na região Nordeste (GARCIA et al., 2015).

A cana-de-açúcar destaca-se como um dos principais produtos agrícolas no Brasil e de grande importância sócio, econômico e ambiental. A valorização do etanol como alternativa a substituição dos combustíveis fósseis, a importância do açúcar no setor de commodities, a utilização e a valorização de subprodutos industriais resultantes da fabricação de açúcar, álcool e alcoolquímica são fatores que marcam o desenvolvimento do setor canavieiro no Brasil (GOES et al., 2008).

No Nordeste do Brasil a cana-de-açúcar se desenvolve desde a época da colonização, principalmente próximo à costa, nos Tabuleiros Costeiros, e nas últimas décadas tem se destacado pelo alto nível tecnológico, tanto no campo como na indústria (ABREU et al., 2013). Apesar, dos solos dessa região serem de fertilidade baixa e que apresentam uma camada compactada em subsuperfície (SOUZA et al., 2008).

A cultura da cana-de-açúcar tem um papel marcante no desenvolvimento econômico e social dos estados do Nordeste e em especial em Alagoas, desde o início da colonização até os dias atuais, sendo um dos grandes geradores de emprego e renda do Estado.

Segundo Sindaçucar (2019) a safra de cana-de-açúcar 2018/2019, em Alagoas foi de quase 16,5 milhões de toneladas. Mostrando uma elevação em relação as safras anteriores atribuídas principalmente aos fatores climáticos favoráveis dos últimos anos.

A área colhida na safra 2018/2019 em Alagoas foi de 301,7 mil hectares (CONAB, 2018). No entanto o estado já chegou a colher cana em área de 463,7 mil

hectares, essa área representa uma grande extensão da produção agrícola ao longo do tempo no estado e que foi marcada por um processo histórico de utilização da terra, dos recursos hídricos, de insumos agrícolas e mecanização. Porém para safra 2019/2020, o estado vem experimentando melhora na eficiência em área menor. E é estimado que a área em produção seja de 284,5 mil hectares e indicam uma produtividade 10,5% maior que na safra passada (CONAB, 2019).

Uma análise da produção de cana-de-açúcar e seus produtos no Estado de Alagoas levando em consideração os serviços ecossistêmicos dos solos dos Tabuleiros Costeiros deve considerar a metodologia emergética. Esses serviços ecossistêmicos podem ser definidos como uma constante interação entre os elementos estruturais, como: transferência de energia, ciclagem de nutrientes, trocas gasosas, regulação climática, ciclo de água entre outros (TÔSTO et al., 2012).

Segundo Ortega e Bacic (2009), a metodologia sistêmica emergética permite entender como funcionam a biosfera, os ecossistemas naturais, os ecossistemas antrópicos e suas inter-relações com a economia humana ao longo da evolução histórica.

Os índices emergéticos fornecidos pela análise emergética permitem que sistemas agrícolas, com modelos de produção diferentes, sejam comparados. Deste modo, pode-se obter o modelo de produção que apresenta os melhores desempenhos ambientais, econômicos e sociais (KAMIYA, 2005).

As funções ecossistêmicas representam uma constante interação entre os diversos elementos estruturais de um ecossistema. Tais funções criam uma integridade sistêmica e dessa se desenvolve os serviços ecossistêmicos.

Segundo Lanzotti (2000), em seu trabalho: Uma análise emergética de tendências do setor sucroalcooleiro concluiu que o investimento emergético aumenta à medida que a taxa de carga ambiental cresce. Isto comprova que, quanto maior o investimento em técnicas que utilizam mais equipamentos, insumos agrícolas e combustíveis, maior será o impacto ambiental que o sistema irá ocasionar.

Como no estado de Alagoas o setor sucroalcooleiro e energético é um dos mais importantes na economia do estado há uma necessidade de realização de estudos emergéticos que possam contribuir para a sustentabilidade ambiental e econômica do setor.

Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho realizar um estudo de caso dos serviços ecossistêmicos dos solos nos tabuleiros costeiros do Estado de Alagoas, através da análise emergética de uma agroindústria do setor sucroalcooleiro.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho se caracteriza por ser quanto a sua finalidade uma pesquisa básica de natureza observacional com abordagens quantitativas ao realizar a prospecção dos dados documentais junto a unidade sucro alcooleira energética e qualitativa quando das análises desses dados.

O estudo encontra na fase inicial sendo realizado junto a unidade sucroalcooleira energética Santa Clotilde no Município de Rio Largo-AL, localizado na região dos Tabuleiros Costeiros (Figura 01).

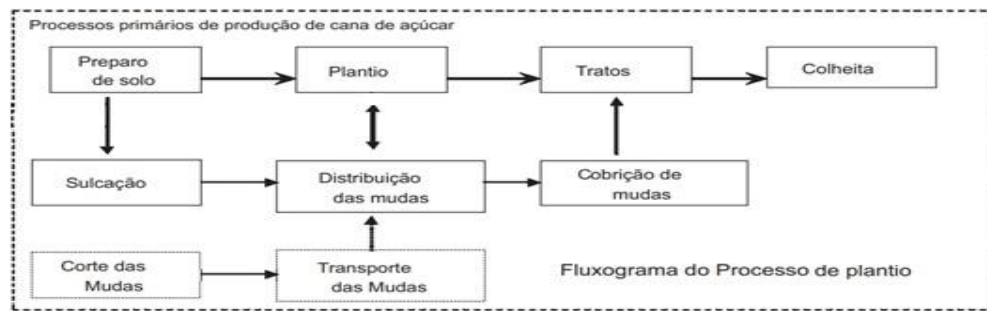


**Figura 01:** Mapa do Estado de Alagoas em destaque Usina Santa Clotilde no Município de Rio Largo-AL.

As atividades do trabalho estão divididas em duas fases.

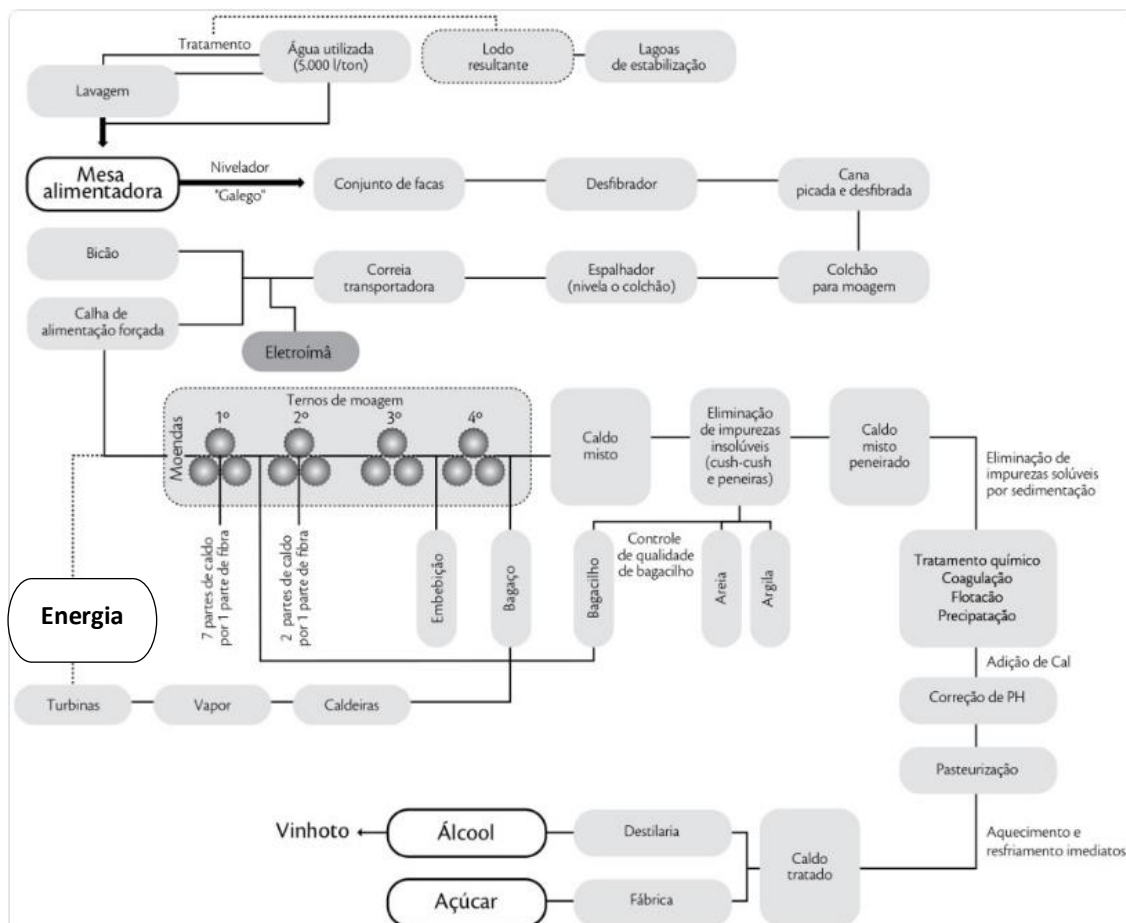
## PRIMEIRA FASE: COLETA DOS DADOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIAL.

A primeira corresponde ao levantamento dos dados agrícolas e industriais junto a unidade sucroalcooleira energética. E envolvendo na etapa agrícola os dados referentes: A manejo do solo, preparação das mudas, sulcamento, operação de plantio, adubação, controle de ervas daninhas e pragas, irrigação e colheita, carregamento e transporte. Conforme o fluxograma da Figura 02.



**Figura 02:** Fluxograma do plantio de cana-de-açúcar da usina Santa Clotilde e modificado de acordo com Barros e Milan (2010).

Na etapa industrial envolvendo: pesagem da cana colhida, recepção da cana no tombador, preparação da cana, moagem da cana, obtenção do caldo, fabricação de açúcar, álcool e energia conforme o fluxograma da Figura 03.

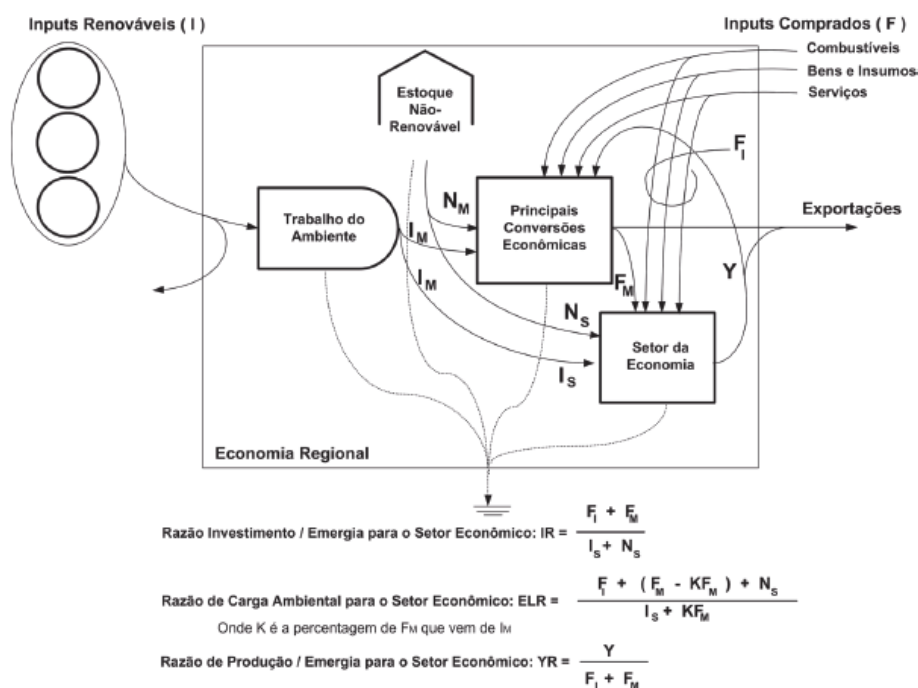


**Figura 03:** Etapa industrial do processamento da cana-de-açúcar. Modificado de NOVACANA, (2019).

## SEGUNDA FASE: ANÁLISE EMERGÉTICA

Na segunda etapa da pesquisa os fluxos de entrada e saída de energia, materiais e capital da unidade sucroalcooleira energética da Usina Santa Clotilde. Serão identificados e quantificados. Em seguida serão utilizadas tabelas de transformidades (ODUM, 1996) para os cálculos emergéticos, construídos os respectivos diagramas, avaliada a capacidade de suporte de cada etapa dos processos da usina e serão interpretados sobre a ótica da sustentabilidade.

A Transformidade avalia a intensidade de energia produzida. É obtida dividindo a energia incorporada pelo sistema total (Y) pela energia dos recursos produzidos (E) conforme modelo da Figura 04.



**Figura 04:** Diagrama energético com cálculos de transformidade. Adaptado de BROWN e MCLANAHAN, (1992).

A Avaliação Emergética em cada etapa da desenvolvida pela unidade sucroalcooleira energética será realizada nas seguintes etapas:

- a. Construção do diagrama sistêmico para cada lote estudado;

- b. Construção da tabela de avaliação emergética e análise dos fluxos energéticos de entrada e saída de cada subsistema;
- c. Obtenção dos índices emergéticos de cada propriedade;
- d. Interpretação e comparação dos índices emergéticos.

Após a finalização das etapas prosseguiremos com a construção dos gráficos com os fluxos de entrada e saída de energia, materiais e capital a serem realizados no Laboratório de Emergética e Resiliência de Ecossistemas (LERE) do Programa de Pós-Graduação em Análise de Sistemas Ambientais do Centro Universitário Cesmac em Maceió, Alagoas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Usina Santa Clotilde atua na fabricação de açúcar standard, superior, especial, extra, demerara, VHP, VVHP, álcool anidro (AEAC), álcool hidratado (AEHC) e melado, além de subprodutos como torta de filtro, bagaço, vinhaça e óleo fúsel. Sua produção de açúcar é vendida no mercado interno de consumo direto, e também exportada para ser refinada (PAIVA; MORABITO, 2007). O que demonstra um leque de produtos oferecidos ao mercado e apresenta um modelo de otimização da produção agrícola e industrial.

O processo de otimização da produção agrícola e industrial em Alagoas é bem marcado desde os anos 1990 de acordo com Lopes (2017) em que o complexo canavieiro alagoano passou por profundas alterações no quesito tecnológico e produtivo, como a reestruturação produtiva baseada na intensificação da mecanização, modernização, aumento da produtividade e concentração do capital sucroalcooleiro.

No entanto, dados recentes da CONAB (2018) referente a safra 2018/2019 mostra que ao longo do tempo entre 2005 e 2018 houve uma diminuição da área colhida no estado de Alagoas e que é marcado por alterações no setor que possivelmente seja decorrente de diversos fatores como políticas de preço e diminuição de investimentos no setor entre outros e como é demonstrado na figura 05.



**Figura 05:** Gráfico da evolução da área colhida no período entre 2005 e 2018 de acordo com Conab 2018. Adaptado de CONAB, (2018).

Santos et al (2007), afirmam que há uma reestruturação produtiva que segue até os dias atuais. As novas exigências do mercado externo estimularam a busca de selos de qualidade e certificação ambiental dos produtos, obrigando o setor a investir em práticas sócio-ambientais. Com isso, houve um melhor aproveitamento dos subprodutos da agricultura canavieira, como o aproveitamento do bagaço de cana para a geração de energia, fertilizante orgânico e vinhaça que passou a ser utilizada na fertirrigação.

De acordo com dados da CONAB (2018) a evolução da produtividade em Alagoas sofreu ao longo do tempo uma diminuição entre o período correspondente a 2005 a 2018, e que segue a influência dos fatores já mencionados muito mais relacionados as expectativas do mercado e que, no entanto, não se deve apenas aos fatores climáticos ou edáficos presentes na região dos Tabuleiros Costeiros (Figura 06).



**Figura 06:** Gráfico da evolução da produtividade em Alagoas no período entre 2005 e 2018 de acordo com Conab 2018. Adaptado de CONAB, (2018).



É importante lembrar que o domínio que a cultura da cana-de-açúcar assumiu em Alagoas e principalmente nos Tabuleiros Costeiros, se deu não apenas pela sua produção de açúcar, mas também pela qualidade do solo, da água e do clima propícios ao desenvolvimento da cultura em território alagoano (LOPES, 2017).

Para a análise emergética dos serviços ecossistêmicos dos solos proposto para a unidade sucroalcooleira e energética inicia-se com a coleta de dados das atividades agrícola e industrial abordando os dados na etapa agrícola desde as fases de preparo de solo até o transporte da cana colhida até a indústria e a partir daí tem início a fase industrial que se finaliza com os principais produtos açúcar, álcool e energia. Para coleta dos dados pretendidos é importante a construção de planilhas que determinem a alimentação dos diagramas e resultem nos cálculos emergéticos e os mesmos estão em fases de mineração de dados, que possibilitem a obtenção de resultados emergéticos consistentes.

De posse desses dados a etapa seguinte corresponde a avaliar a capacidade de suporte de cada fase dos processos da usina e assim interpretados sobre a ótica da sustentabilidade. E Rodrigues et al, (2014) afirmam que muitas empresas passaram a dispensar maior atenção a técnicas e a processos produtivos focados no uso racional dos recursos naturais e geradores de menor impacto ambiental, havendo a busca por configurações de modelos de gestão ambiental visando controle de suas ações sobre o ambiente. O meio ambiente passou a ser considerado nas decisões das organizações, tornando-se importante elemento na elaboração de suas estratégias (RODRIGUES et al., 2013; SANCHES, 2000).

E por fim, teremos O uso dos fatores de transformação de energia “transformidades” que permite converter as unidades dos fluxos de energia e materiais (insumos) utilizados por um sistema na geração de um recurso (produto), para energia solar. As unidades da energia solar são Joules de energia solar equivalente (sej). Depois dessa operação todos os fluxos estarão expressos na mesma unidade. Ter os fluxos de insumos na mesma base (sej) permite somar fluxos, calcular razões, comparar a energia consumida com a energia produzida (ORTEGA, 2003).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A unidade sucroalcooleira energética Santa Clotilde encontra-se em plena atividade industrial e juntamente com outras unidades industriais presentes no estado foi responsável na safra 18/19 por beneficiar mais de 16,1 milhões de toneladas de cana no Estado de Alagoas.

Esta produção industrial é marcada por um conjunto de fatores que podem ser atribuídos não apenas as condições climáticas mais favoráveis, ou a investimento em tecnologias que são aplicadas no campo.

Vale ressaltar a possibilidade de contribuição para o uso mais racional dos recursos naturais e menor impacto ambiental em todas as atividades desenvolvidas pela unidade sucroalcooleira e energética a partir da maior compreensão da capacidade de suporte de cada fase dos processos da usina.

## REFERÊNCIAS

1. ABREU, M. L.; SILVA, M. A.; TEODORO, I.; HOLANDA, L. A.; SAMPAIO NETO, G. D. Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar em função da disponibilidade hídrica dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 3, p.262-270, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/brag.2013.028>
2. BARROS, F. F.; MILAN, M. Qualidade Operacional do Plantio de Cana-de-Açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.1, p.221-229, 2010 ISSN 1678-4499
3. BROWN, M. T.; MCLANAHAN, T. R. Emergy analysis perspectives of thailand and mekong river dam proposals. **Ecological Modelling** 91 105-130, 1996. [https://doi.org/10.1016/0304-3800\(95\)00183-2](https://doi.org/10.1016/0304-3800(95)00183-2)
4. CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira: Monitoramento Agrícola Cana-de-açúcar. - **SAFRA 2018/19** - N.1 - V.5 Primeiro levantamento maio 2018.
5. CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira: Monitoramento Agrícola Cana-de-açúcar. - **SAFRA 2019/20** - N.2 - V.6 Segundo levantamento agosto de 2019.
6. GARCIA, J. R.; LIMA, D. A. L. L.; VIEIRA, A. C. P. A nova configuração da estrutura produtiva do setor sucroenergético brasileiro: panorama e perspectiva. **Revista de Economia Contemporânea** 19(1): p. 162-184, 2015. ISSN 1980-5527 <http://dx.doi.org/10.1590/198055271917>

7. GOES, T.; MARRA, R.; SILVA, G. S. Setor sucroalcooleiro no Brasil: situação atual e perspectivas. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, ano XVII, nº2, abr./mai/jun., p. 39-51. 2008.
8. KAMIYA, D. S. **Análise emergética on-line para diagnóstico de sistemas agrícolas**. 2005, 164 f. Dissertação (Mestrado Em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas.
9. LANZOTTI, C. R. **Uma análise emergética de tendências do setor sucroalcooleiro**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. 106p 2000.
10. LOPES, G. C. L. A. Estrutura produtiva de Alagoas: O movimento da especialização regressiva (1985-2010). **VIII Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional: Territórios, Redes e Desenvolvimento Regional: Perspectivas e Desafios** Santa Cruz do Sul, RS, Brasil, 13 a 15 de setembro de 2017.
11. PAIVA, R. P. O.; MORABITO, R. Um modelo de otimização para o planejamento agregado da produção em usinas de açúcar e álcool. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 14, n. 1, p. 25-41, jan.-abr. 2007.
12. NEVES, M. F.; GERARDI, F.; KALAKI, R. B.; GALI, R. **O setor sucroenergético em 2030: dimensões, investimentos e uma agenda estratégica**. Brasília: CNI Confederação Nacional da Indústria, 2017. <http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2017/8/o-setor-sucroenergetico-em-2030-dimensoes-investimentos-e-uma-agenda-estrategica/>
13. NOVACANA. **Como é feito o processamento da cana-de-açúcar nas usinas**. Curitiba-PR 2019 Disponível em <https://www.novacana.com/usina/como-e-feito-processamento-cana-de-acucar>
14. ODUM, H.T. Environmental Accounting. **Emergy and Environmental Decision Making**. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. Páginas: 368 1996.
15. ORTEGA, E. Ecologia de Sistemas. LEAIA/FEA/Unicamp. 2003. Disponível em <https://www.unicamp.br/fea/ortega/ecologia/desafio-11.htm>
16. ORTEGA, E; BACIC, M. J. **Uso da metodologia emergética na análise dos sistemas de produção e consumo**. VIII Encontro Soc. Bras. Economia Ecológica ECOECO. Cuiabá-MT 2009.
17. RODRIGUES, A. M.; REBELATO, M. G.; PAIXÃO, R. B. S.; ZEVIANI, C. H. Gestão ambiental no setor sucroenergético: uma análise comparativa. **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v.14, n. 4, p. 1481-1510, out./dez. 2014.
18. RODRIGUES, A. M.; PAIXÃO, R. B. S.; REBELATO, M. G. Análise de práticas ambientais: um estudo comparativo em duas usinas sucroalcooleiras. In: **Anais do XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**. Salvador: ABEPRO, 2013.
19. SANCHES, C. S. Gestão ambiental proativa. **Revista de Administração de Empresas**, v. 40, n. 1, pp. 76-87, 2000.
20. SANTOS, A. L. S.; PEREIRA, E. C. G.; ANDRADE, L. H. C. A expansão da cana-de-açúcar no espaço alagoano e suas consequências

sobre o meio ambiente e a sua identidade cultural. **Campo-Território: revista de geografia agrária**, v.2, n. 4, p. 19-37, ago. 2007.

21. SINDAÇUCAR, Sindicato da Industria do açúcar e do álcool do Estado de Alagoas. **Sindaçúcar-AL aposta na retomada no crescimento do setor**. Notícias: Publicado em 30-04-2019. Disponível: <http://www.sindacucar-al.com.br/2019/04/sindacucar-al-aposta-na-retomada-no-crescimento-do-setor/>

22. SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D.; PAIVA, A.Q.; RODRIGUES, A. C. V.; RIBEIRO, L. S. Distribuição do sistema radicular de citros em um topossequencia de solos de tabuleiro Costeiro do Estado da Bahia. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 32:503-513, 2008.

23. TÔSTO, S. G.; PEREIRA, L. C.; MANGABEIRA, J. A. C. Serviços ecossistêmicos e serviços ambientais: conceitos e importância **Revista Cidadania e Meio Ambiente**, <https://www.ecodebate.com.br/2012/12/13>