

## APROVEITAMENTO E OTIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE MANDIOCA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL

Data de aceite: 01/04/2024

### **Cristian Jacques Bolner de Lima**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, IFMT  
Cáceres-MT

### **Monique Virões Barbosa dos Santos**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, IFMT  
Cáceres-MT

### **Marcos Benedito Santana**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, IFMT  
Cáceres-MT

**RESUMO:** A mandioca (*Manihot esculenta crantz*) é uma planta originária da América do Sul, provavelmente do Brasil Central, sendo atualmente cultivada em vários países. Considerando-se os principais tipos de processamento das raízes de mandioca no Brasil, como a fabricação de farinha de mandioca e a extração de fécula, o subproduto gerado, proveniente da prensagem de mandioca em casas de farinha e fecularias (efluente) possui alta capacidade poluidora, podendo causar grandes impactos ao meio ambiente, devido a sua toxicidade e concentração de matéria orgânica. Assim, torna-se um passivo

ambiental que necessita de pesquisas para que seja reaproveitado. Neste trabalho, avaliou-se a composição físico-química da água de manipueira coletada, a mesma foi quantificada e analisada quanto ao pH, açúcares redutores, teor de amido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO). Os valores encontrados de pH foi 4,8 e turbidez (UNT) de 1000, com relação a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), cianeto, sólidos totais e sólidos totais voláteis (STV), todos em ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) foram 784, 17914, 17,5, 41300 e 34600, respectivamente. Além disso, a concentração de etanol máxima produzido foi de 54 g/L em 24 horas de fermentação, consumindo 100% do substrato, com a máxima produtividade volumétrica alcançada de 2,8 g/Lh, durante 16 horas de processo, com um rendimento final de (YP/S) de  $0,45 \text{ g}_{\text{etanol}}/\text{g}_{\text{glicose}}$ , com relação a destilação do vinho de levedura apresentou um de teor alcoólico de 80 °GL.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fermentação, Enzimas, Desperdício

## USE AND OPTIMIZATION OF WASTE FROM THE CASSAVA PROCESSING INDUSTRY FOR ETHANOL PRODUCTION

**ABSTRACT:** Cassava (*Manihot esculenta crantz*) is a plant originating from South America, probably from Central Brazil, and is currently cultivated in several countries. Considering the main types of processing of cassava roots in Brazil, such as the manufacture of cassava flour and the extraction of starch, the by-product generated, coming from the pressing of cassava in flour mills and starch factories (effluent) has a high polluting capacity, which can cause major impacts on the environment, due to its toxicity and concentration of organic matter. Thus, it becomes an environmental liability that requires research to be reused. In this work, the physical-chemical composition of the collected manipueira water was evaluated, it was quantified and analyzed for pH, reducing sugars, starch content, biochemical oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD). The pH values found were 4.8 and turbidity (UNT) of 1000, in relation to biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), cyanide, total solids and total volatile solids (STV), all in (mg.L<sup>-1</sup>) were 784, 17.914, 17.5, 41.300 and 34.600, respectively. Furthermore, the maximum concentration of ethanol produced was 54 g/L in 24 hours of fermentation, consuming 100% of the substrate, with the maximum volumetric productivity achieved of 2.8 g/Lh, during 16 hours of process, with a yield final (YP/S) of 0.45 g<sub>ethanol</sub>/g<sub>glucose</sub> in relation to the distillation of yeast wine, it presented an alcoholic content of 80 °GL.

**KEYWORDS:** Fermentation, Enzymes, wasted

### INTRODUÇÃO

Entre todas as culturas, a mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é considerada de alta produtividade de calorías e a de maior eficiência biológica como fonte de energia (DAMACENO, et. al. 2014). Além de ser uma planta de fácil cultivo, em função dos baixos custos de produção, ampla adaptação as mais variadas condições de clima, solo e tolerância ao ataque de insetos. No Brasil esta espécie é cultivada em todas as regiões.

A mandioca tem papel importante na alimentação humana e animal, assim como matéria-prima para diversos derivados industriais, além da expressiva participação na geração de emprego e renda, especialmente para pequenos produtores (OTSUBO; FARIAS, 2002). Os maiores produtores do país são os Estados do Pará e da Bahia, entretanto, sua produção é destinada basicamente à produção de farinha para consumo humano. O Estado do Paraná destaca-se como maior produtor de amido com 70,1% da produção nacional, seguido pelo Estado do Mato Grosso Sul com 20,3%, São Paulo com 8,7%, e os Estados de Bahia, Pará e Santa Catarina com apenas 0,3% (SILVA, 2018).

Segundo Souza et al (2014), a mandioca é a segunda cultura mais produzida pelos pequenos produtores no estado de Mato Grosso e representa uma grande fonte de renda e segurança alimentar para os mesmos. Além disso, trabalhos que compreendem a caracterização genética da mandioca vêm sendo desenvolvidos, na região da baixada cuiabana, por ser esta área considerada um centro de diversidade da espécie (MORAIS,

2018). A região denominada de Baixada Cuiabana apresenta grande tradição na produção de farinha por parte das comunidades, sendo o estado um dos centros de diversificação da *Manihot esculenta* (FUKUDA, 2006).

Com uma produtividade de 31,3 toneladas por hectare, materiais genéticos de mandioca biofortificados estão sendo avaliados e reproduzidos no Campo Experimental da Empresa Mato-grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (EMPAER), no município de Tangará da Serra (239 km a Médio Norte de Cuiabá), além desta, as pesquisas são realizadas também nos Campos Experimentais de Acorizal, Cáceres e Sinop. Considerada mais nutritiva, com alto teor de vitamina A, boa produtividade e de ciclo precoce produz a partir de oito meses. Algumas variedades de mandioca superam a produtividade média nacional de 14,4 toneladas por hectare (EMPAER/MT, 2019).

A utilização visando o benefício industrial da mandioca gera, porém, uma série de resíduos cujo impacto no meio ambiente pode ser extremamente danoso. Os principais resíduos gerados são: resíduos sólidos, como casca marrom, entrecasca, descarte e principalmente os resíduos líquidos como água de lavagem, conhecida, também, como água de manipueira (água vegetal ou água de prensa) (MATINEZ, 2016).

A água de manipueira apresenta potencial poluidor reconhecidamente elevado. De acordo com Barana e Cereda (2001), para cada tonelada de raiz processada nas farinheiras são gerados 300 L de manipueira com uma demanda química de oxigênio (DQO) de 60 g.L<sup>-1</sup>. Quanto à composição, a manipueira caracteriza-se por sua elevada carga orgânica e presença de cianeto (CN<sup>-</sup>) resultante da hidrólise dos glicosídeos cianogênicos presentes na mandioca, que durante o processamento são carregados para o líquido residual. Segundo Damasceno et al. (2014), a composição média da manipueira em carbono é: 58,18 g.L<sup>-1</sup> de açúcares totais dos quais 37,96 g.L<sup>-1</sup> de açúcares redutores (com 14,90 g.L<sup>-1</sup> de frutose; 22,34 g.L<sup>-1</sup> de glicose e 0,72 g.L<sup>-1</sup> de maltose) e 20,22 g.L<sup>-1</sup> de açúcares não-redutores (1,52 g.L<sup>-1</sup> de dextrinas e 18,70 g.L<sup>-1</sup> de sacarose). Já Leonel e Cereda (2016) relatam a presença de 5,71% de amido e 2,93% de açúcares redutores totais na manipueira coletada na prensa, antes do processo de decantação.

As razões para o interesse pelos biocombustíveis, como o etanol são muitas e variam de um país para outro e também ao longo do tempo, tendo como principais fatores: diminuir a dependência externa de petróleo, por razões de segurança e suprimento ou impacto na balança de pagamentos, minimizar os efeitos das emissões veiculares na poluição local, principalmente nas grandes cidades e controlar a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera (ZAMORA-HERNÁNDEZ, 2014).

Na produção de etanol, a partir de manipueira, é necessário o processo de hidrólise e sacarificação do amido presente, pois este carboidrato não é diretamente fermentável necessitando de uma hidrólise prévia de suas cadeias para a obtenção de glicose (MAAREL et al., 2002).

A habilidade de converter açúcares em etanol é característica de um pequeno grupo de microrganismos, sendo *Saccharomyces cerevisiae*, dentre as leveduras, a que mais se destaca pela alta produção e tolerância a concentrações elevadas de etanol (SCHWAN; CASTRO, 2001).

Muitos são os fatores que exercem efeito significativo sobre o rendimento ou eficiência da fermentação: a qualidade da matéria-prima, as condições fisiológicas do inóculo e fatores ambientais como pH, nível inicial de contaminantes, temperatura, concentração do substrato no mosto, composição nutricional do mosto e concentração do álcool produzido (MOSHI, 2015).

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo produzir etanol, a partir da água de manipueira, avaliando o efeito do pH, da agitação, bem como da temperatura durante o processo fermentativo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A manipueira foi coletada e acondicionadas, em sacolas plásticas de 3 litros, diretamente na etapa de prensagem da massa ralada na farinha São Miguel, localizada no município de Cáceres-MT. A água de manipueira foi caracterizada quanto ao DBO, DQO, pH, acidez titulável, açúcares redutores (AACC, 1983) e amido (AOAC, 1998).

O processo de hidrólise-sacarificação foi realizado em um biorreator (SOLAB SL 137) constituído por um vaso cilíndrico de 6,0 L dotado de controle automático de pH e agitação, com um sistema de refrigeração por camisa, com monitoramento e controle constante de temperatura utilizando água como fluido refrigerante. Em 4 L de água de manipueira foram adicionados hidróxido de sódio 4 M para a correção do pH para 6,28 e 70 ppm de cálcio e, em seguida, a enzima Termamyl 120 L na concentração de 0,5 g/kg de amido. A temperatura foi elevada até 90°C, permanecendo nesta sob agitação por 2 h. Decorrido este período, a temperatura foi abaixada para 60°C, o pH foi corrigido com ácido sulfúrico 4 M até 4,5, sendo então adicionada a enzima AMG 300 L na concentração de 1,13 mL.k/g de amido e permanecendo nesta temperatura sob agitação por 24h.

O perfil dos açúcares do hidrolisado foi analisado em HPLC, marca Varian modelo pró-star com duas bombas binárias e índice de refração (detector) com amostrador automático, sendo a coluna de marca BIORAD modelo AMINEX HPX 87P (fase estacionária Pb) 300 x 0,25mm, utilizando como fase móvel água e fluxo da amostra de 0,6 ml/minuto, na temperatura de 80°C. Os perfis em área foram convertidos em concentração (g/L) a partir dos padrões. As soluções padrões foram feitas a partir de soluções PA dos açúcares.

A partir de 4 L de hidrolisado de manipueira foi realizado o processo fermentativo, o qual foi conduzido no biorreator (SOLAB SL 137) a 100 rpm, a 30°C e pH de 4,5 (todos os parâmetros automatizados). A destilação do vinho de levedura foi realizada em um micro destilador de bancada.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 01 são apresentados os resultados da caracterização química da manipueira, efluente oriundo da produção de farinha de mandioca.

De acordo com esses resultados, foi possível ter uma visão mais ampla das características da manipueira. O pH do efluente se apresentou ácido, provavelmente devido à presença do ácido cianídrico. Tanto o pH, quanto a turbidez e a concentração de cianeto se apresentaram acima dos limites permitidos para o lançamento deste efluente (CAMILI, 2010). O mesmo foi observado para os resultados dos sólidos totais e voláteis, nos quais foram detectados em concentrações extremamente altas.

Parâmetro	Valores <sup>a</sup>	Limites <sup>b</sup>
pH	4,8	5,0-9,0(1)
Turbidez (UNT)	1000	100(1)
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (mg.L <sup>-1</sup> )	784	5,0(1)
Demanda química de oxigênio (DQO) (mg.L <sup>-1</sup> )	17914	-
Cianeto (mg.L <sup>-1</sup> )	17,5	0,2(1)
Sólidos totais (mg.L <sup>-1</sup> )	41300	-
Sólidos totais voláteis (STV) (mg.L <sup>-1</sup> )	34600	-

Tabela 01. Apresentam os resultados da caracterização química da manipueira, efluente oriundo da produção de farinha de mandioca.

Fonte: (a) valores obtidos pelo autor 2023; (b) Limites permitidos para o lançamento, segundo (1) Resolução CONAMA n. 430/2011 (CAMILI, 2010).

Analisando os resultados da Tabela 01, foi possível observar a alta concentração de STF, o que pode indicar uma elevada salinidade desse efluente.

A matéria orgânica também foi encontrada em elevadas concentrações na manipueira, uma vez que ambos os seus parâmetros, DQO e DBO, se apresentaram bastante altos; sendo que a DBO, único parâmetro de matéria orgânica com limite estabelecido pela legislação, se apresentou acima desse limite permitido, que é de 5,0 mgL<sup>-1</sup>.

Quanto a matéria seca, obteve-se 11,3%, sendo 7,1% amido e 2,26% de açúcares solúveis totais.

Após o processo enzimático de hidrólise e sacarificação, a análise do perfil de açúcares do hidrolisado indicou a presença de glicose (2,45%), maltose (2,91%), frutose (3,17%) e sacarose (0,3%).

A partir dos 4 litros do hidrolisado de manipueira, realizou-se o processo fermentativo a 100 rpm, 30°C e pH de 4,5 (todos os parâmetros automatizados).

Neste estudo, utilizou-se a levedura *Saccharomyces cerevisiae* desidratada, na concentração de 4 g/L, a exemplo da Adams & Twiddy (1987), a qual, mostrou-se ser adequada para a obtenção do teor alcoólico desejado.

Os resultados obtidos do perfil cinético da concentração de açúcar redutor (AR), concentração celular e produção de etanol, estão apresentados na Figura 01.

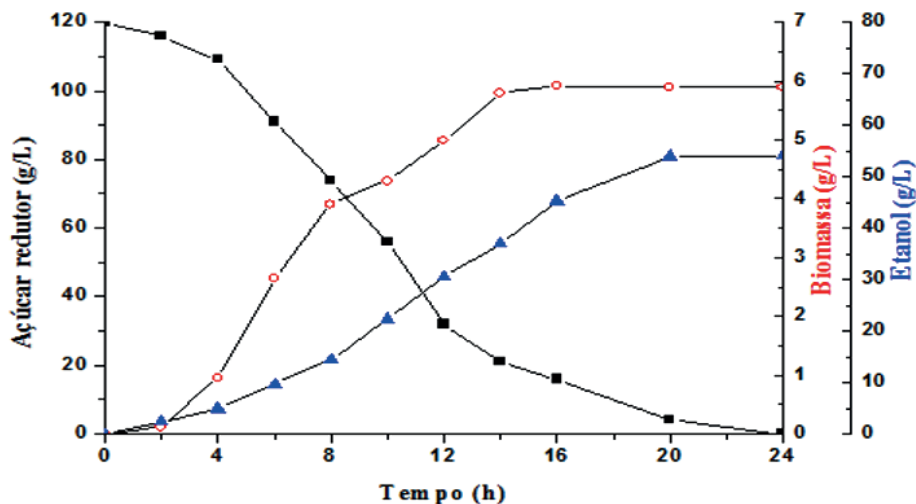


Figura 01. Perfil cinético das concentrações de substrato, produto e biomassa em função do tempo de fermentação realizado em fermentador a 30°C, com controle de pH 4,5 a 100 rpm. g/L: (■) açúcar redutor; (▲) Etanol; (O) Biomassa.

Fonte: (Autor, 2023)

Observa-se na Figura 01 que a produção de etanol aumentou com o crescimento celular, contudo, ocorreu uma lenta produção de etanol nas primeiras 6 horas de processo, provavelmente devido à adaptação do microrganismo ao meio de cultivo.

Após 8 horas, a concentração de etanol aumentou rapidamente, produzindo 54 g/L em 24 horas de fermentação com uma produtividade de 2,25 g/L.h e máxima produtividade volumétrica de 2,8 g/L.h durante 16 horas de processo, consumindo 102 g/L de substrato, ou seja, 86,6 % do açúcar redutor constituído no meio. Silva (2019) em seus estudos obteve 40,7 g/L de etanol em 24 horas de processo.

Pereira et al., (2012) relatam que nos experimentos considerando o mesmo tempo de fermentação, com tratamentos suplementados com sulfato de amônio, a 25°, 30° e 35° Brix (após 2°, 4° e 6° ciclo), a produtividade máxima foi de 4,93 g/L.h para o tratamento. Portanto, a suplementação do mosto com fontes nitrogenadas pode aumentar o rendimento de etanol durante a fermentação alcoólica, visto que este elemento desempenha importantes funções na fisiologia da levedura.

O processo produtividade da fermentação é determinado pela quantidade de açúcar fermentado, na unidade de tempo, por uma dada massa de leveduras. Uma grande velocidade de fermentação é importante porque independentemente da busca por um microrganismo que aumente o rendimento ou a eficiência de transformação de açúcar em

álcool (BIZZO et al., 2014).

Com o consumo de todo o substrato do meio fermentativo, em 24 horas de processo, obteve-se rendimento ( $Y_{P/S}$ ) de  $0,45 \text{ g}_{\text{etanol}}/\text{g}_{\text{glicose}}$ . Vale ressaltar que o rendimento teórico de etanol por grama de glicose consumida é 0,511 gramas, sendo este valor considerado 100% quando o substrato for glicose. Como na condição de fermentação industrial brasileira, o rendimento alcançado é em média 91%, isto corresponde a 0,465 gramas de etanol por grama de açúcar redutor total (ART) consumido (RIBEIRO, 2010).

Com relação à eficiência do processo, obteve-se o valor de 88,1%, ou seja, um grande resultado, visto que no processo industrial, verifica-se que a eficiência fermentativa atinge de 90 a 92% do rendimento estequiométrico, havendo o consumo de açúcar para formação de biomassa celular e subprodutos (LIMA et al., 2001).

A destilação do vinho de levedura foi realizada em um micro destilador de bancada, obtendo-se um teor alcoólico de 80 °GL, sem a separação da cabeça, coração e cauda.

De acordo com a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP) através do Regulamento Técnico ANP nº 3/2011, anexo da Resolução ANP Nº 7 de 09 de fevereiro de 2011, o teor alcoólico do etanol hidratado precisa ser entre 95,1 e 96 ° INPM (unidade de medida equivalente à porcentagem de álcool na mistura). Em relação à massa alcoólica, ela precisa ter entre 92,5 e 93,8% da massa total do etanol hidratado.

Portanto, com o valor encontrado neste trabalho ao final da destilação não foi possível obter álcool carburante. Contudo, é preciso ressaltar que nas destilarias alcoólicas, utilizam-se entre duas a três colunas para se atingir a graduação desejada.

Com relação ao pH 6,7 encontrado no final da destilação está dentro do padrão, pois precisa estar entre 6 ou 8, não sendo nem muito básico nem muito ácido, permanecendo neutro.

## CONCLUSÃO

1. A água de manuseio apresentou grande potencial para a produção de etanol devido suas características biológicas e colaborando para a diminuição dos impactos sociais e ambientais;
2. A utilização da enzima para a hidrólise do amido provou ser muito eficiente, gerando altas concentrações de açúcar redutor;
3. A concentração de etanol máxima produzido foi de 54 g/L em 24 horas de fermentação, consumindo 100% do substrato;
4. A máxima produtividade volumétrica alcançada foi de 2,8 g/Lh durante 16 horas de processo, com um rendimento final de ( $Y_{P/S}$ ) de  $0,45 \text{ g}_{\text{etanol}}/\text{g}_{\text{glicose}}$ ;
5. A destilação do vinho de levedura apresentou um teor alcoólico de 80 °GL.

## AGRADECIMENTOS

Aos órgãos de fomento que contribuíram financeiramente para a realização deste projeto, como a Pró-reitora de pesquisa do Instituto Federal do Mato Grosso (PROPE), ao CNPq, além do IFMT *Campus Cáceres*.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, M.R.; TWIDDY, D.R. **Performance parameters in the quick vinegar process**. Enzyme Microbiology and Technology, v.9, p.369-373, 1987.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS – AACC. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 7 ed. Nova York: Rev. St. Paul, 1983.

ANP, Brasília 18 de nov. 2022. Disponível em: <https://www legisweb.com.br/legislacao/?id=115949>. Acesso em 03 de jan. de 2022.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Washington, 1998.

BARANA, A. C.; CEREDA, M. P. **Avaliação do tratamento de manipueira de farinhas em biodigestores fase acidogênica e metanogênica**. Energia na Agricultura, v. 4, n. 15, p. 69-81, 2001.

BIZZO, W. A.; LENÇO, P.C; CARVALHO, D.J; VEIGA, J.P.S. **The generation of residual biomass during the production of bio-ethanol from sugarcane, its characterization and its use in energy production**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.29, p. 589-603. 2014.

CAMILI, E. A. **Parâmetros operacionais do processo de produção de etanol a partir de polpa de mandioca**. 2010. 131f. Tese, Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2010.

DAMASCENO, S., et. al. Compostos de aroma por *Geotrichum fragans* cultivado em manipueira. **Fundação Cargill**, v.4, p.96- 106, 2014.

EMPAER, Mato Grosso, 01 fev. 2019. Disponível em: <https://www.empaer.mt.gov.br/-/11207591-variedade-de-mandioca-atinge-produtividade-media-de-31-3-toneladas-por-hectare-em-mt>. Acesso em 10 de maio de 2022.

FUKUDA, W.M.G.; IGLESIAS, C. Recursos Genéticos. **Aspectos Socioeconômicos Agrônomicos da mandioca**. In: SOUZA, L.S.; FARIAS, A.R.N.; MATTOS, P.L.P.; FUKUDA, W.M.G. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, vol. 2, p. 817, 2006.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. **Manipueira como substrato na biossíntese de ácido cítrico por *Aspergillus niger***. Scientia Agricola, v. 52, n. 2, p. 299-304, 2016.

LIMA, U. A.; BASSO, L. C.; AMORIM, H. V. **Produção de etanol**. In: LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. *Biotecnologia Industrial*. (Ed.) São Paulo, v. 3, p. 1-43, 2001.

MAAREL, M. J. E. C. et al. **Properties and applications of starch-converting enzymes of the  $\alpha$ -amylase family**. Journal of Biotechnology, v. 94, n. 2, p. 137-155, 2002.



MARTINEZ, D.G. **Produção do etanol de segunda geração a partir de resíduos do processamento da mandioca**. 2016. 87f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura. Universidade Federal Oeste do Paraná. Cascavel. 2016.

MORAIS, M. L. 2016. Projeto incentiva o reaproveitamento da manipueira em cultivos agrícolas. Universidade Federal do Oeste do Pará. Disponível em: < [http://www.ufopa.edu.br/divulgacao\\_cientifica/projetoincentiva-o-reaproveitamento-da-manipueira-em-cultivos-agricolas](http://www.ufopa.edu.br/divulgacao_cientifica/projetoincentiva-o-reaproveitamento-da-manipueira-em-cultivos-agricolas)>. Acesso em: 15 mar. 2018.

MOSHI, A. P. et al. **Production of raw starch-degrading enzyme by *Aspergillus* sp. and its use in conversion of inedible wild cassava flour to bioethanol**. Journal of Bioscience and Bioengineering, v. 3, n. 2, p. 1-7, 2015.

OTSUBO, A. A.; LORENZI, J. O. **Cultivo da Mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: EMBRAPA. p. 116, 2004.

PEREIRA, L. A.; PEREIRA, M.C.T.; BRITO, L.T.L.; MELO, R.F.; CAMARGO, A.F.M. **A agricultura e suas relações com o ambiente**. Petrolina: Embrapa Semiárido, p. 13-29, 2012.

RIBEIRO FILHO, N. M.; FLORÊNCIO, I. M.; ROCHA, A. S.; DANTAS, J. P.; FLORENTINO, E. R.; SILVA, F. L. H. **Aproveitamento do caldo do sorgo sacarino para produção de aguardente**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.10, n.1, p.9-16. 2010.

SCHWAN, R. F.; CASTRO, H. A. Fermentação. In: CARDOSO, M. G. (Ed.). **Produção de aguardente de cana de açúcar**. Lavras: UFLA. p. 113-128, 2001.

SILVA, D. V et al. Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca. **Planta daninha**, v. 30, n. 4, p. 901-910, 2018.

SILVA, I. B. **Potencialidades energéticas proveniente dos resíduos da mandioca (*Manihot Esculenta Crantz*)**. 2029, 105f. Dissertação em Energias Renováveis do Centro de Energias Alternativas e Renováveis - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

SOUZA, S. N. M. et al. **Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura**. Acta Scientiarum. **Technology Maringá**, v. 26, p. 127-133, 2014.

ZAMORA-HERNÁNDEZ, T. et al. **Demostraciones prácticas de los retos y oportunidades de la producción de bioetanol de primera y segunda generación a partir de cultivos tropicales**. Educacion Quimica, v. 25, n. 2, p. 122-127, 2014.