



PROPOSTA DE INTERVENÇÃO BASEADA NA METODOLOGIA P+L NA INDÚSTRIA DE POLPA DE MARACUJÁ

Wevilaine Aparecida da Silva Ferreira¹

Alex Marquiti Alves²

Tecnologia Ambiental

Resumo

As indústrias de polpa de maracujá geram em média 40% de resíduos agroindustriais, como cascas e sementes, que quando descartados incorretamente, são considerados fonte de poluição ambiental. Os resíduos do beneficiamento do maracujá possuem diversos benefícios à saúde humana e animal, como a prevenção da anemia, fortalecimento dos ossos, atividade hipoglicemiante, antioxidante e anti-inflamatória. O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento da concepção inicial de uma indústria de polpa de maracujá integrada à metodologia de produção mais limpa (P+L). Foi proposta a extração dos compostos pectina e ácidos graxos, reinserindo-os no ciclo de produção por meio do enriquecimento da polpa. No caso de resíduos líquidos, como a água residuária decorrente da etapa de lavagem, foi objetivada a reciclagem interna, após tratamento, podendo ser utilizada nas etapas de higienização da unidade fabril. Para os resíduos sólidos, como os descartes da seleção e o farelo desengordurado restante da extração do óleo, foi identificada que a destinação mais adequada seria a reciclagem externa. Por fim, as demandas energéticas requeridas para o processamento da fruta foram propostas com origem de fontes renováveis, como a energia eólica, biomassa ou fotovoltaica. Dessa forma, todas as entradas e saídas do processo foram identificadas propondo aplicações técnicas e ambientais baseadas na metodologia P+L, que se mostraram positivas à empresa e ao meio ambiente.

Palavras-chave: Ácidos graxos; Pectina; Produção mais limpa; Resíduos; Suco concentrado.

¹Acadêmica em Engenharia Química – Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé, UNIFEG-MG. wevilaineferreira@gmail.com

²Prof. Dr. do Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé, UNIFEG-MG. alex.marquiti.eng@gmail.com



INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de maracujá no mundo, no qual as regiões nordeste e sudeste são os principais produtores da fruta (OLIVEIRA et al., 2016a). No ano de 2021, o país produziu mais de 680 mil toneladas da fruta (IBGE, 2021). Das 520 espécies existentes, 150 estão presentes no território brasileiro, sendo exportado em maior parte como suco concentrado (SANTOS et al., 2020).

A busca por produtos naturais faz com que as indústrias de sucos e polpas aumentem a demanda de produção, aumentando de forma direta a geração de resíduos associados com a poluição ambiental (METCALF & EDDY, 2016). Santos et al. (2020) destacam que são gerados cerca de 40% de resíduos agroindustriais no processamento do maracujá para a produção de suco. Tais resíduos são onerosos para a cadeia produtiva, pois, muitas vezes não são reaproveitados, requerendo descarte, o que aumenta o custo de operação (DA SILVA & GOUVEIA, 2020).

Vários são os benefícios relacionados ao consumo, tanto do suco de maracujá quanto de produtos feitos a partir dos resíduos obtidos do processamento da polpa (FERREIRA & SOUZA, 2020). Assim, os constituintes presentes na casca, polpa e semente da fruta auxiliam na prevenção da anemia, fortalecimento dos ossos, possuem atividade hipoglicemiante, ação antioxidante e ação anti-inflamatória (OLIVEIRA et al., 2016a; FERREIRA & SOUZA, 2020).

Com uma visão mais ampla, a Produção mais Limpa (P+L) vem com o intuito de integrar processos, produtos e serviços com a aplicação de uma estratégia econômica, social, ambiental e tecnológica, bases da sustentabilidade (HENS et al., 2018). Dessa forma, a P+L objetiva reduzir a geração de resíduos que degradam o meio ambiente, de modo a otimizar o uso da matéria-prima, energia e água, sem alterar a capacidade produtiva e a qualidade do produto final (SANTOS & ARAÚJO, 2020, HENS et al., 2018).

Em função da carga orgânica relacionada aos resíduos sólidos gerados no processamento da polpa de maracujá, o reaproveitamento energético e a otimização da produção, aplicando conceitos de reciclagem interna e externa, se fazem necessários para o desenvolvimento sustentável de uma microempresa de suco concentrado. Desse modo, o

Realização



presente estudo teve como objetivo propor a concepção inicial de uma indústria de polpa de maracujá integrada à metodologia de produção mais limpa (P+L).

METODOLOGIA

Para o presente trabalho, foi realizada a pesquisa exploratória e descritiva sobre a implementação da P+L aliada ao desenvolvimento sustentável, como proposta de intervenção na concepção inicial de uma indústria de polpa de maracujá.

Primeiramente, foi realizado o levantamento de dados qualitativos e quantitativos sobre o processo de beneficiamento do maracujá para a produção de polpa. Nessa etapa foi definido o diagrama de blocos do processo, identificando-se as entradas e saídas, tais como matérias-primas, produtos, subprodutos e resíduos. Em seguida, foi realizada a proposta de intervenção utilizando a metodologia P+L, com foco no estudo de viabilidade técnica e ambiental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O maracujazeiro é uma planta de origem tropical e de fácil adaptação. Seu desenvolvimento ocorre melhor em temperaturas de 23°C a 25°C, altitudes relativamente baixas, de 100 a 900 metros, além de índice pluviométrico alto e bem distribuído durante o ano (COSTA et al., 2008; LIMA, 2012; FISCHER; MELGAREJO & CUTLER, 2018). Ferrari, Colussi e Ayub (2004) realizaram estudos sobre o maracujá *in natura*, no qual, em geral, relacionaram o peso da fruta com 50% de casca, 26% de semente e o restante em polpa, que é utilizado para produção de suco concentrado.

Visando o emprego da fruta como substrato para produção de polpa e em função dos dados qualitativos consultados na literatura, pode ser construído o diagrama de blocos do processo de obtenção da polpa de maracujá. Tal diagrama demonstra a linha de produção caracterizando as entradas e saídas do processo, como mostra a Figura 1.

Realização

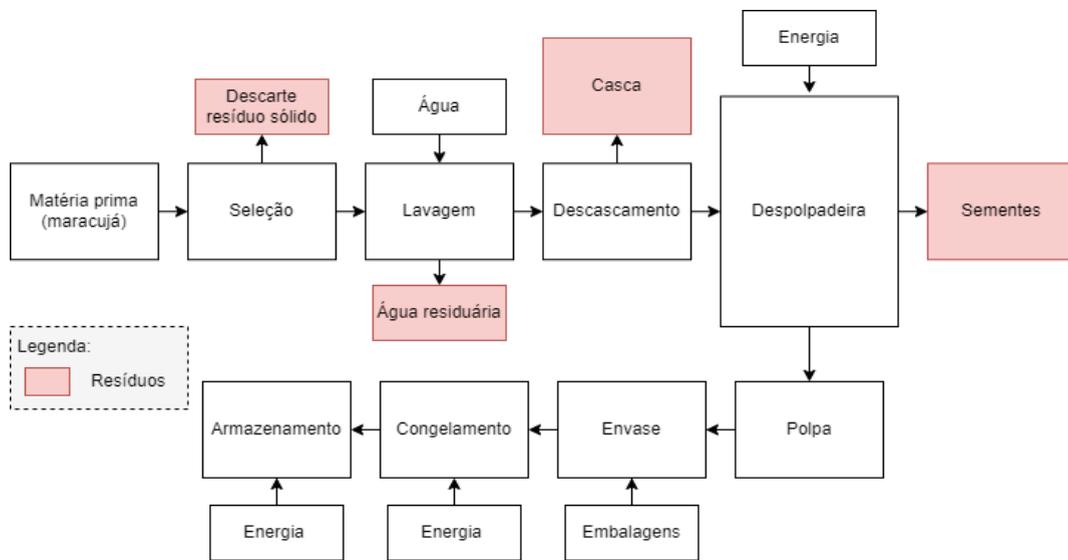


Figura 1 – Fluxograma genérico do processo produtivo de polpa de maracujá.

De acordo com o diagrama de blocos da Figura 1, observa-se a significativa geração de resíduos líquidos e sólidos no processo de produção da polpa de maracujá e a não integração entre as etapas produtivas. Tais efeitos estão em desacordo com políticas ambientais atuais, sistemas de gestão ambiental e a concepção do desenvolvimento sustentável (DA SILVA & GOUVEIA, 2020). Ainda, o desenvolvimento da linha de produção com elevado índice de geração de resíduos demonstram inconsistência na capacidade tecnológica empregada, elevação do custo de operação e manejo dos descartes obtidos. A associação desses fatores interfere no custo final do produto, abaixando a competitividade da indústria frente aos concorrentes (GIANNETTI et al., 2020).

O conceito de desenvolvimento sustentável se refere à harmonia entre o desenvolvimento econômico, social e ambiental, fazendo o uso racional dos recursos sem esgotá-los (SEVERO; GUIMARÃES & DORION, 2018). Ou seja, objetiva dar a oportunidade para a geração presente realizar suas necessidades, sem impactar as necessidades das gerações futuras (OLIVEIRA et al., 2016b; HENS et al., 2018; SEVERO; GUIMARÃES & DORION, 2018). Nesse contexto, a adoção de uma gestão ambiental eficiente, além de incluir a variável ambiental no sistema de produção, ajuda na redução de custos, devido à reutilização de materiais que antes eram descartados, sem comprometer a



capacidade produtiva (ALMEIDA; DIAS & MARQUES, 2018).

A metodologia P+L é uma estratégia que vem crescendo entre as organizações privadas e públicas. A P+L possui caráter preventivo aplicado a produtos, serviços e processos, objetivando reduzir os efeitos negativos sobre o meio ambiente (SEVERO; GUIMARÃES & DORION, 2018). A Figura 2 apresenta a hierarquia do gerenciamento de resíduos da P+L.

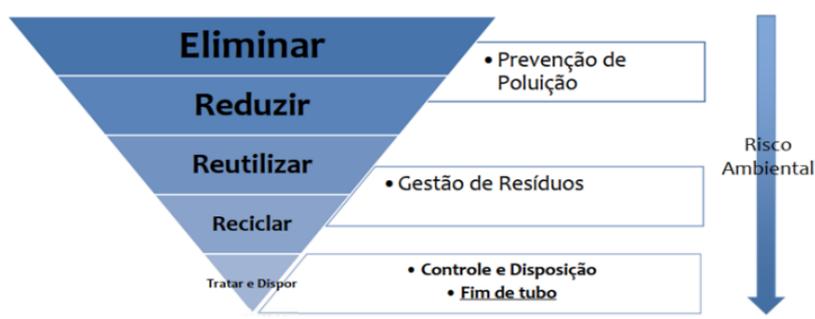


Figura 2 – Hierarquia da P+L.

De acordo com a Figura 2, o gerenciamento ideal de resíduos prioriza a não geração com a eliminação direta na fonte. Caso não seja possível, aplica-se os 3 R's, a saber: reduzir, reutilizar ou reciclar. Como último caso, utiliza-se as técnicas “fim-de-tubo” convencionais, que é o tratamento e reinserção dos resíduos nos ciclos biogênicos associados (RAJPUT & SINGH, 2020). Assim, nos processos produtivos, utiliza-se a estratégia ambiental P+L para a readequação da matéria-prima, do consumo de água e de energia, de modo a eliminar o uso ou a produção de materiais e emissões tóxicas. Em relação aos produtos, leva-se em consideração a vida útil e o ciclo de vida, com atenção maior ao descarte final (GIANNETTI et al., 2020; RAJPUT & SINGH, 2020). A Figura 3 demonstra os níveis de atuação da metodologia P+L.

Afim de agir no nível 1, por ser o mais benéfico em relação a estratégia ambiental. Este nível pode ser realizado dentro da organização com a redução na fonte, por meio da modificação do produto ou processo (HENS et al., 2018). Quando há resíduos que não podem ser evitados, utiliza-se o nível 2, baseado na reciclagem interna ou então, reutilização dos resíduos dentro da própria organização (DA SILVA & GOUVEIA, 2020).

No nível 3, é realizada a reciclagem externa ou a destinação aos ciclos biogênicos, com a finalização segura e sem impactos, este é usado quando os resíduos não podem ser reintegrados no processo (FONSECA & MARTINS, 2018; FERNANDES et al., 2015). Entretanto, levando-se em consideração os aspectos econômicos e políticas internas praticadas pelas organizações, muitas empresas tendem a praticar o nível 2 ou 3 dentro da metodologia P+L, o último aliado a menores necessidades de intervenção.

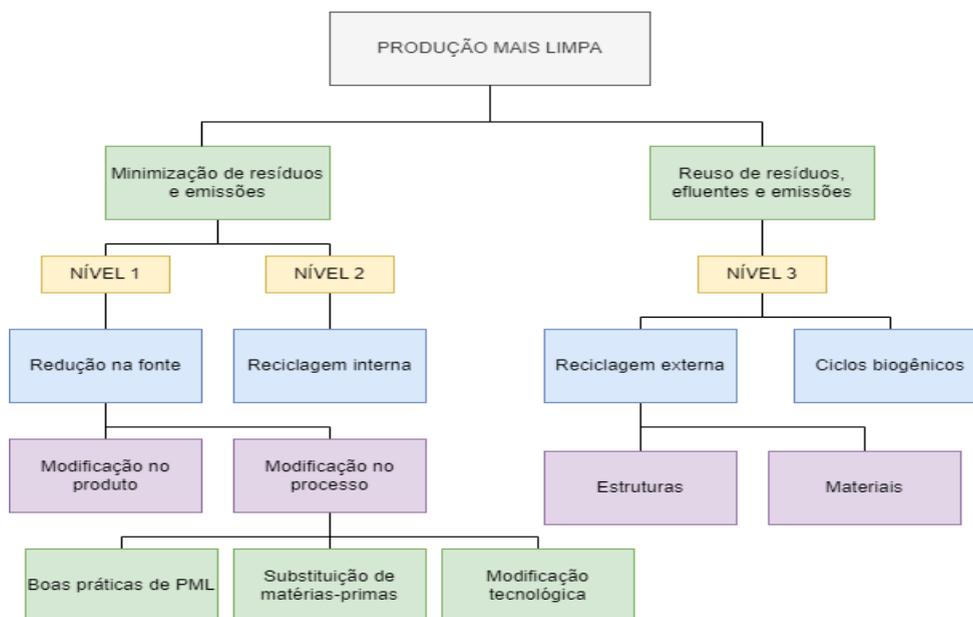


Figura 3 - Níveis de atuação da P+L.

A P+L é implantada por meio de fases, necessitando de uma revisão sistemática sobre todo o processo produtivo (OLIVEIRA, 2011). As etapas de implementação da P+L consistem no planejamento e organização, iniciando com a sensibilização da alta direção e equipe do projeto; seguido da pré-avaliação, com a montagem do fluxograma, identificando as entradas e saídas. Posteriormente, há a avaliação da P+L, realizando o levantamento de informações quantitativas sobre os indicadores estabelecidos (balanço de massa e energia do processo); o estudo da viabilidade técnica, econômica e ambiental, que consiste na avaliação preliminar do processo produtivo; implementação e monitoramento, concretização e continuidade das atividades do programa (MILAN & GRAZZIOTIN, 2014;



DA SILVA & GOUVEIA, 2020).

Os estudos de viabilidade envolvem uma série de análises e são importantes para identificar questões que podem interferir na linha de produção, impactar o meio ambiente ou ser inviável financeiramente (HENS et al., 2018). Marinoski e Ghisi (2018) ressaltaram a importância de se realizar a análise de viabilidade ambiental e econômica antes da implantação de um projeto, visto que isso auxilia na tomada de decisões mais assertivas.

Desse modo, relacionando os dados citados pela literatura e o diagrama de blocos da Figura 1, o resíduo sólido obtido na seleção da fruta pode ser destinado a compostagem controlada, com retorno nutricional para a plantação da própria matéria prima (maracujá), ou ainda para produção de ração animal, estando este relacionado com o retorno financeiro (JERÔNIMO, 2012). No estudo de Lousada Junior et al. (2005), foi constatado que os resíduos sólidos de maracujá possuem boa quantidade de proteína bruta, cerca de 12,4%. Tais resíduos apresentam bom valor nutritivo, para a alimentação de ruminantes, além de ser útil como complemento dietético, visto que previne o estresse oxidativo, diminui a gordura corporal e melhora o sistema antioxidante (LOUSADA JR et al., 2005).

Em função do tamanho da unidade fabril, a água residuária gerada na etapa de higienização (lavagem) apresenta potencial para reduzir os custos com a aquisição hídrica por meio de tratamento e reuso na própria unidade. Este tipo de água residuária, geralmente, não requer tratamento complexo, uma vez que há baixo teor de matéria orgânica e inorgânica presente (METCALF & EDDY, 2016.).

Em virtude da elevada quantidade de casca gerada na etapa de descascamento, maior de 50% em peso, o reaproveitamento deste tipo de resíduo se faz necessário. A parte branca da casca do maracujá chamada de albedo (mesocarpo) é rica em pectina, fibra solúvel benéfica ao organismo humano, e niacina, esta atua na produção de hormônios (MOREIRA, 2016). Na casca, também, estão presentes o ferro, que atua na prevenção de anemia, cálcio, que fortalece os ossos, e fósforo, que atua na formação das células (REIS et al., 2018). Além dos carboidratos e das fibras totais, são encontrados compostos fenólicos que realizam ação antioxidante no organismo (LIMA, 2015 apud FERREIRA & SOUZA, 2020).

Na semente do maracujá são encontrados elevados teores de ácidos graxos insaturados como o linoleico, oleico e o palmítico, além de mirístico e o linolênico em

Realização



menores quantidades (LIU et al., 2008; LIMA, 2019). Os resultados da ingestão dos ácidos graxos linolêico e linolênico apresentaram menor risco de doenças cardiovasculares, diabetes, câncer e hipertensão, isso porque atua diretamente no sistema nervoso, cérebro e na manutenção de membranas celulares (LIMA, 2019). Outro subproduto importante obtido nessa etapa é o farelo desengordurado, restante da extração do óleo, que apresenta alto teor de fibras e proteínas em sua composição, 58,98% e 15,62% respectivamente. Tais compostos, auxiliam na diminuição dos triglicerídeos e colesterol total (FERRARI; COLUSSI & AYUB, 2004).

Assim, ao extrair a pectina e/ou os ácidos graxos da casca e semente do maracujá, estes podem ser reinseridos no fluxo de produção por meio do enriquecimento da polpa de maracujá. Ao suplementar a polpa com tais compostos, é produzido um produto com características diferentes no mercado comercial e com maior quantidade de benefícios à saúde humana.

Por fim, o consumo de energia no Brasil e a escassez de recursos não renováveis faz com que a procura por energias renováveis também aumente (ALVES, 2022). Segundo Oliveira et al. (2018), os meios mais utilizados para obtenção de energia renovável são dados pela variação do aquecimento das camadas de ar (energia eólica), por fótons transportados com a luz (energia fotovoltaica) e pela matéria orgânica (energia de biomassa).

Seguindo as etapas do diagnóstico da P+L, com foco na viabilidade ambiental e tecnológica, foi inserido no diagrama de blocos possíveis modificações no processo produtivo, como mostra a Figura 5.

Realização

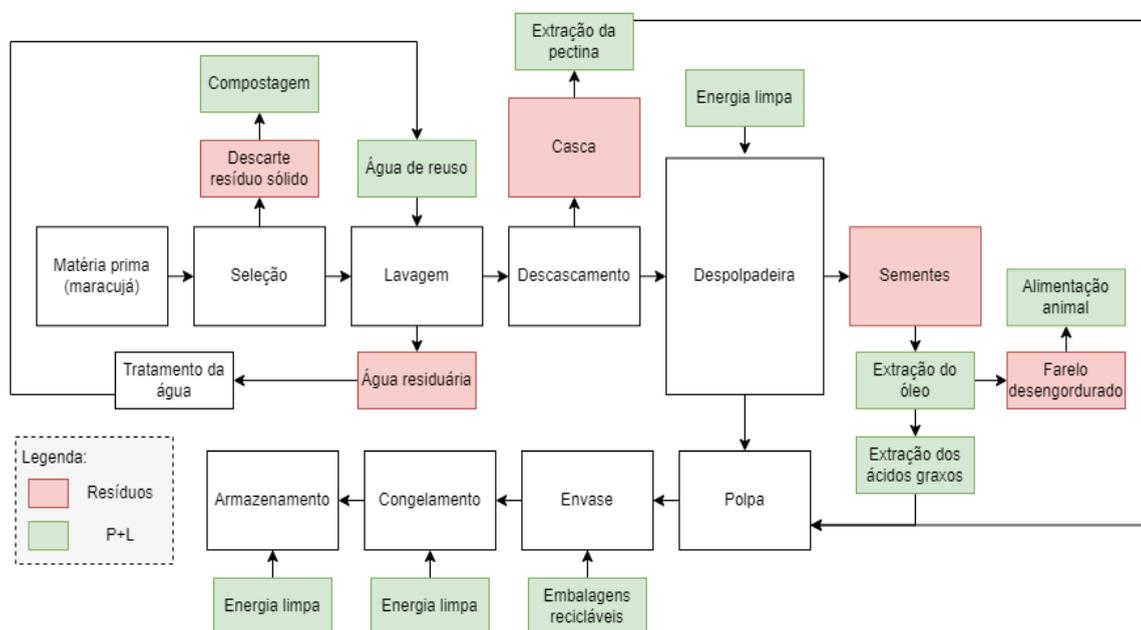


Figura 5 – Fluxograma processo produtivo de polpa de maracujá com P+L.

Com a extração dos compostos fitoterapêuticos (ácidos graxos e a pectina) dos resíduos sólidos obtidos do processamento da polpa de maracujá, a casca e a semente, foi proposta a aplicação do nível 1 de atuação da P+L, por meio da modificação no processo envolvendo a tecnologia e, conseqüentemente, modificando o produto (DA SILVA & GOUVEIA, 2020). Para os resíduos sólidos como o farelo desengordurado e as frutas não selecionadas, foi proposta a reciclagem externa, de modo que fossem utilizados como ração animal ou destinados para à compostagem. A utilização desses resíduos como fonte de substrato para a biodigestão anaeróbia, visando o reaproveitamento energético (biomassa), também é uma opção com elevado potencial tecnológico e ambiental (METCALF & EDDY, 2016).

Em se tratando de resíduos líquidos, como a água residuária, foi aplicada a reciclagem interna visto que esta retornou ao processo após tratamento. Assim, a água de reuso pode ser utilizada em processos de higienização como lavagem do chão de fábrica, reduzindo custos (METCALF & EDDY, 2016).

São apontadas a utilização de energias renováveis, atualmente mais acessíveis no mercado, para suprir as demandas energéticas requeridas durante o processamento da polpa



de maracujá e na etapa de envase, a utilização de embalagens recicláveis que não alterem o tempo de validade do produto.

CONCLUSÕES

A implantação da metodologia P+L na concepção inicial da indústria de polpa de maracujá se mostra possível e benéfica, tanto para o meio ambiente como para a indústria de polpa de maracujá, em termos tecnológicos. O diferencial do produto (polpa) dado pela adição de compostos fitoterapêuticos agrega maior valor ao produto, indicando que a estratégia técnica foi positiva. Assim como, o pré-tratamento dos resíduos e a melhor utilização das fontes de energia, reforçam a estratégia sustentável adotada na presente pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé - UNIFEG pela bolsa concedida por meio do seu Programa de Iniciação Científica - PIC.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. S.; DIAS, W. S.; MARQUES, J. S. Gestão ambiental: desenvolvimento e práticas sustentáveis. RCA – **Revista Científica da AJES**, v.7, n.14, p.11, 2018.

ALVES, J. E. D. **As energias renováveis bateram recordes de crescimento em 2021**. Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz – CEE, 2022.

COSTA, A. F; COSTA, A. N; VENTURA, J. A; FANTON, C. J; LIMA, I. M; CAETANO, L. C; SANTANA, E. N. **Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro**. 56p. Editor: DCM/Incapar, Vitória, 2008.

FERNANDES, A., FERNANDES, J., QUALHARINI, E., NÓBREGA, M. UM ESTUDO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA GESTÃO AMBIENTAL. **Revista Augustus**, n. 39, v. 20, p. 52-64, 2015.

FERRARI, R. A.; COLUSSI, F.; AYUB, R. A. Caracterização de subprodutos da industrialização

Realização



do maracujá-aproveitamento das sementes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.1, 2004.

FERREIRA, W. S.; SOUZA, M. L. R. DE. Os benefícios do maracujá (*Passiflora* spp.) no Diabetes Mellitus. **Brazilian Journal of Health Review**, v.3, n.6, p.19523–19539, 2020.

FISCHER, G; MELGAREJO, L. M; CUTLER, J. Pre-harvest factors that influence the quality of passion fruit: A review. **Agronomía Colombiana**, v. 36, n. 3, 2018.

FONSECA, M. A. P.; MARTINS, M. F. Produção mais limpa no setor de cachaça: estudo em engenho no estado da Paraíba. **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**, v.12 n.1, 2018.

GIANNETTI, B. F; AGOSTINHO, F; ERAS, J. J; YANG, Z; ALMEIDA, C. M. Cleaner production for achieving the sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, v. 271, 2020.

DA SILVA, F. J; GOUVEIA, R. M. **Cleaner Production**. (2020) doi:10.1007/978-3-030-23165-1

HENS, L; BLOCK, C; CABELLO-ERAS, J. J; SAGASTUME-GUTIEREZ, A; GARCIA-LORENZO, D; CHAMORRO, C; MENDOZA, K; HAESLONCKX, D; VANDECASTEELE, C. On the evolution of “Cleaner Production” as a concept and a practice. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p.3323-3333, 2018.

IBGE. Produção de Maracujá. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>>. Acesso em: 20 fev. 2023.

JERÔNIMO, C. E. M. Gestão agroindustrial: pontos críticos de controle ambiental no beneficiamento de frutas. **Revista de Administração de Roraima**, v.2, n.2, p.70-77, 2012.

LIMA, G. S. **Óleo de semente de maracujá (*Passiflora edulis* f *flavicarpa*): diferentes métodos de extração, composição química, citotoxicidade e atividade antioxidante**. Universidade Federal de Pernambuco, 2019.

LIMA, M. A relação custo/benefício na cultura do maracujá para os pequenos produtores rurais do município de Corumbataí do sul. **Rev. GEOMAE**, v.3; n.1, 2012.

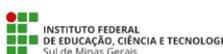
LIU S, Y. F.; LI J, Z. C.; JI H, H. P. Physical and chemical analysis of *Passiflora* seeds and seed oil from China. **Int J Food Sci Nutr**, v.59, n.7-8, p.706-715, 2008.

LOUSADA JUNIOR, J. E.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M.; PIMENTEL, J. C. M.; LÔBO, R. N. B. Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. **Revista Brasileira De Zootecnia**, v.34, n.2, p.659–669, (2005).

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitação de baixo padrão: estudo de caso em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, n.1, v.18, p.423–443, 2018.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

Realização





MILAN, G. S.; GRAZZIOTIN, D. Um estudo sobre a aplicação da Produção mais Limpa (P+L). **Revista Gestão Da Produção Operações E Sistemas**, n.1, v.127, 2014.

MOREIRA, K. C. A. Aceitabilidade de geleia desenvolvida com casca de maracujá amarelo (*Passiflora edulis Sims*). Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

OLIVEIRA, A. P. M.; FUDANHOLI, N. S.; CUNHA, P. H. S.; BARELLI, V. A.; BUNEL, M. P. M.; NOVAZZI, L. F. Análise técnica e econômica de fontes de energia renováveis. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v.4, n.1, 2018.

OLIVEIRA, D. A; ANGONESE, M; GOMES, C; FERREIRA, S. R. Valorization of passion fruit (*Passiflora edulis sp.*) by-products: Sustainable recovery and biological activities. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 1, n. 1, p.55-62, 2016a.

OLIVEIRA, J. A. **Um estudo sobre a relação do sistema de gestão ambiental ISO 14001 com a adoção de procedimentos de produção mais limpa em empresas industriais brasileiras**. 160 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, 2011.

OLIVEIRA, M. M.; MEDEIROS, M. H. A. S.; SILVA, R. L.; LUCAS, G. A. P. Desenvolvimento sustentável nas organizações como oportunidade de novos negócios. **Revista Valore**, v.1 n.1, p.42-66, 2016b.

RAJPUT, S; SINGH, S. G. Industry 4.0 Model for circular economy and cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v. 277, 2020.

REIS, L. C; E, M. P; SALVADOR, M; FLÔRES, S. H; RIOS, A. O. Antioxidant potential and physicochemical characterization of yellow, purple and orange passion fruit. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 2679- 2691, 2018.

SANTOS, L. A; VALENÇA, R. B; SILVA, L. C; HOLANDA, S. H; SILVA, A. F; JUCÁ, J. F; SANTOS, A. F. Methane generation potential through anaerobic digestion of fruit waste. **Journal of Cleaner Production**, v. 256, 2020.

SANTOS, P. V. S.; ARAÚJO, M. A. DE. A metodologia de produção mais limpa (P+L): um estudo de caso em uma indústria de curtume. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.9, n.1, p.524–547, 2020.

SILVA, F. G. A. **Desenvolvimento sustentável nas organizações**. Universidade Candido Mendes, Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2010.

SEVERO, E. A; GUIMARÃES, J. C. F; DORION, E. C. H. Cleaner production, social responsibility and eco-innovation: Generations' perception for a sustainable future. **Journal of Cleaner Production**, v. 186, p. 91-103, 2018.