



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA



FERNANDO PEREIRA LIMA

TRATAMENTO ALTERNATIVO PARA O LÍQUIDO DA CASCA DO COCO VERDE (LCCV) UTILIZANDO A FERMENTAÇÃO COM *Saccharomyces cerevisiae* E ADMINISTRAÇÃO DE AR

TERESINA-PI

2019

FERNANDO PEREIRA LIMA

**TRATAMENTO ALTERNATIVO PARA O LÍQUIDO DA CASCA DO COCO VERDE
(LCCV) UTILIZANDO A FERMENTAÇÃO COM *Saccharomyces cerevisiae* E
ADMINISTRAÇÃO DE AR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Piauí, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química (área de concentração: Físico-Química).

Orientador: Profa. Dr. José Ribeiro dos Santos Junior

Co-orientador: Prof. Dr. Francisco Cardoso Figueiredo

TERESINA-PI

2019

FERNANDO PEREIRA LIMA

**TRATAMENTO ALTERNATIVO PARA O LÍQUIDO DA CASCA DO COCO VERDE
(LCCV) UTILIZANDO A FERMENTAÇÃO COM *Saccharomyces cerevisiae* E
ADMINISTRAÇÃO DE AR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Piauí, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química (área de concentração: Físico-Química).

Aprovada em: _____

Prof. Dr. José Ribeiro dos Santos Junior (Orientador e Presidente)
Universidade Federal do Piauí

Prof. Dra. Carla Verônica Rodarte de Moura (Titular)
Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Adriano Gomes de Castro (Titular)
Universidade Federal do Piauí

TERESINA-PI

2019

Dedico essa dissertação à minha família e a todos os meus amigos e colegas que de alguma forma me deram suporte durante todo o trabalho.

AGRADECIMENTOS

- ✓ Agradeço imensamente à minha família, em especial aos meus pais, Josefa de Sá Pereira Lima e Vanildo Cardoso de Lima pelo seu amor, carinho e dedicação que me deram até os dias de hoje. E ao meu leal amigo, Peter!
- ✓ A minha amada namorada, Karen Martins, pela atenção, amor, carinho e paciência que dedicou a mim. Também a todo apoio provido por sua família.
- ✓ A meu orientador, Dr. José Ribeiro dos Santos Junior e meu co-orientador Dr. Francisco Cardoso Figueiredo por todo apoio durante meu trabalho de mestrado.
- ✓ Aos companheiros de trabalho Marlo, Maelson, Natália e Evânia pelos bons momentos de descontração e companheirismo que tivemos na usina e no “laboratório de cima”.
- ✓ A todos os meus amigos da vida: Hiago, Lucas, Jackson, Hugo, Junior e Matheus por me incentivar e encorajar a seguir essa caminhada acadêmica.
- ✓ Aos amigos que obtive durante toda a minha trajetória acadêmica no curso de química: Alisson, Elizio, Higor, Tiago, Jardel, Darlisson e Mikael, que de alguma forma contribuíram com meu trabalho e com os momentos de descontração que são tão importantes.
- ✓ Ao NUEPA e ao Laboratório de Saneamento do Centro de Tecnologia da UFPI pela ajuda com alguns materiais necessários para a realização do trabalho.
- ✓ Ao Programa de Pós-Graduação em Química da UFPI pela infraestrutura e as instituições de fomento, CAPES, CNPq e FAPEPI.
- ✓ A todos que não foram citados, mas que contribuíram com a realização deste trabalho.

RESUMO

O crescente mercado da água de coco vem gerando uma enorme quantidade de cascas de coco que superlotam os lixões. Este resíduo possui, em aproximadamente 85% de sua massa, o efluente denominado líquido da casca do coco verde (LCCV). O LCCV é um subproduto indesejável do beneficiamento da casca do coco que necessita de um tratamento, uma vez que ele não pode ser descartado arbitrariamente pois é prejudicial ao meio ambiente, devido sua alta carga orgânica e também alta salinidade. Em virtude disso, tratar o LCCV não é tão trivial. Avaliou-se o uso da fermentação com administração de ar (4 L min^{-1}) na redução da carga orgânica do LCCV. Também foi avaliada a inibição dos compostos polifenólicos na atividade dessas leveduras, removendo-os com uma solução de gelatina. O LCCV foi obtido prensando a casca do coco em uma prensa hidráulica (15 ton.). Do LCCV recolhido, uma parte foi diretamente fermentada e outra parte foi tratada com gelatina (5% m/m) antes de fermentar. O tratamento foi monitorado pela Demanda química de Oxigênio (DQO), que reflete a quantidade de material orgânico oxidável presente nas amostras analisadas e teor de sólidos totais e fixos, este último indicando o teor de cinzas (resíduo inorgânico). Após a fermentação foi obtida uma redução de até 80,65% nos sólidos totais, que implica em uma significativa redução da carga orgânica do efluente. Bem como redução da demanda química de oxigênio alcançou valores acima de 85% em 5 dias, em ambas as amostras. Se comparado a outros trabalhos, este método de tratamento mostrou resultados significativos para o tratamento proposto em virtude da simplicidade e rapidez.

Palavras-chave: Líquido da Casca do Coco Verde (LCCV), Fermentação aeróbia, *Saccharomyces cerevisiae*

ABSTRACT

The expanding coconut water market produces a large quantity of coconut shells as waste that resulting in overcrowding of dumps. This residue has in approximately 80% of its mass the effluent denominated coconut husk liquid (CHL). CHL is an undesirable byproduct of coconut husk processing that requires a treatment, once it cannot be arbitrarily discarded due to its high organic load and high salinity. For that reason, treating CHL is not trivial. The use of fermentation with air administration (4 L min^{-1}) in the reduction of the organic load of the CHL was evaluated. The inhibition of the polyphenolic compounds in the activity of these yeasts was also evaluated by removing them with a solution of gelatin. CHL was extracted pressing the coconut husk in a hydraulic press (15 tons). Part of the CHL was directly fermented and another part was treated with gelatin (5% w / w) before fermentation. The treatment was monitored by the Chemical Oxygen Demand (COD), which reflects the amount of oxidizable organic material present in the analyzed samples and the total and fixed solids content, the latter indicating the ash content (inorganic residue). After the fermentation, was obtained a reduction of up to 8015% from the total solids, which implies a significant reduction in the organic load of the effluent. As well as reducing the chemical oxygen demand reached values above 85% in 5 days in both samples. Compared to other studies, this method of treatment showed significant results due to its simplicity and speed.

Key-words: coconut husk liquid (CHL), aerobic treatment, *Saccharomyces cerevisiae*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 A problemática dos resíduos provenientes da indústria do coco verde...	4
3.2 Beneficiamento da casca do coco verde.....	5
3.3 Líquido da Casca do Coco Verde (LCCV).....	6
3.4 Legislação ambiental brasileira sobre o lançamento de efluentes.....	8
3.5 Fermentação alcoólica.....	10
3.5.1 Nutrientes fundamentais para o desenvolvimento das leveduras.....	11
3.5.1.1 Nitrogênio.....	12
3.5.1.2 Fósforo.....	13
3.5.1.3 Ferro.....	14
3.6 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	14
3.7 Tratamento de efluentes com alta carga orgânica.....	15
4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	16
4.1 Amostras e reagentes utilizados.....	16
4.2 Precipitação dos compostos polifenólicos.....	16
4.3 Fermentação com administração de ar.....	17
4.4 Determinação de dos sólidos totais.....	18
4.5 Análise termogravimétrica.....	18
4.6 Determinação de DQO do LCCV puro, tratado com gelatina e após a fermentação.....	18
4.7 Determinação de micronutrientes.....	19
4.7.1 Determinação de Nitrito, Nitrato, Nitrogênio total de Kjeldahl	19
4.7.2 Determinação de Fosforo total.....	20
4.7.3 Determinação de Ferro.....	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5.1 Caracterização do LCCV.....	22
5.2 Precipitação dos compostos polifenólicos.....	23
5.3 Análise de sólidos.....	25
5.3.1 Sólidos Totais.....	25
5.3.1 Sólidos Fixos.....	27
5.4 Análise termogravimétrica.....	28
5.5 Demanda Química de Oxigênio.....	30
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS	32
REFERÊNCIAS	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Caminho para assimilação de nitrogênio pelos fungos e outros organismos.....	13
Figura 2. Processo de extração do LCCV da casca do Coco verde.....	16
Figura 3. Fluxograma do processo de tratamento do LCCV.....	17
Figura 4. Processo de clarificação do LCCV com a utilização da solução de gelatina 5% ($m\ m^{-1}$).....	24
Figura 5. Ligações de hidrogênio entre os polifenóis e os grupos $-CO$ do colágeno presente na gelatina, adaptado de Hussein (2017).....	24
Figura 6. Valores de sólidos totais das amostras bruta, bruta fermentada (BF) e tratada com a solução de gelatina fermentada (TF), com e sem aeração.....	26
Figura 7. Valores de sólidos fixos da calcinação, das amostras: amostra bruta; amostra BF e amostra TF, com e sem aeração.....	27
Figura 8. Termograma do resíduo de evaporação da amostra bruta do LCCV, após secagem a 103 – 105 °C.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química do pó da casca do coco verde (ROSA et al., 2001).....	6
Tabela 2. Caracterização do LCCV por diversos trabalhos.....	8
Tabela 3. Limites de Demanda Química de Oxigênio por indústria no Rio de Janeiro.....	10
Tabela 4. Componentes químicos definidos para o meio de cultura para leveduras.....	12
Tabela 5. Fontes de Nitrogênio, Fósforo e Ferro na amostra bruta de LCCV.....	22
Tabela 6. Valores de DQO da amostra bruta e tratada com gelatina.....	30
Tabela 7. Dados comparativos do tratamento realizado com os tratamentos encontrados na literatura.....	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Condições do efluente de qualquer fonte poluidora para lançamento em corpos receptores, segundo a Resolução N° 430 do CONAMA.....	9
--	---

LISTA DE ACRÔNIMOS E ABREVIATURAS

AB: Amostra Bruta

BF: Amostra Bruta Fermentada por 5 dias

BT: Amostra Bruta e Tratada

CE: Condutividade Elétrica

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO: Demanda Biológica Oxigênio

DQO: Demanda Química de Oxigênio

DSC: Calorimetria Exploratória Diferencial

DTA: Análise Térmica Diferencial

ETE: Estações de Tratamento de Esgoto

LCCV: Líquido da Casca Coco Verde

NTK: Nitrogênio Total de Kjeldahl

RBF: Reator Biológico de Fungos

SLA: Sistema de Lodos Fluidizados

ST: Sólidos Totais

STF: Sólidos Totais Fixos

RAFA: Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente

TF: Amostra Tratada e Fermentada por 5 dias

TG: Análise Termogravimétrica

1. INTRODUÇÃO

O coco-verde, também conhecido como coco-da-baía, é o fruto de uma planta bastante comum em países tropicais, o coqueiro (*Cocos nucifera*). É uma planta oleaginosa perene originária do sudeste asiático e oeste do Oceano Pacífico (LEBRUN et al., 1998). Embora não seja uma planta nativa do Brasil, chegou no país por volta de 1553 (NUCÉ DE LAMOTHE, 1983). Teve um grande papel na dispersão populacional dos seres humanos pelos trópicos do globo, principalmente nas viagens longas por oceanos, por ser possível usar o fruto como fonte transportável de alimento e água (GUNN; BAUDOUIN; OLSEN, 2011).

Atualmente o Brasil é o quarto maior cultivador de coco verde do mundo, atrás apenas da Indonésia, Filipinas e Índia, mas o primeiro em produtividade (108 mil toneladas por hectare) e na produção da água de coco. Em 2017, foram produzidos aproximadamente 2,34 milhões de toneladas de coco em todo o país, numa área total plantada de 215 mil hectares (FAO, 2017). A maior área plantada no Brasil encontra-se no Nordeste. O mercado para a água de coco está em constante crescimento devido a demanda atual de consumo de produtos saudáveis, já que a água de coco é um ótimo isotônico natural (HALIM et al., 2018).

A água do coco tem um grande potencial nutritivo com açúcares, minerais, vitaminas e aminoácidos (CAPPELLETTI et al., 2015), sendo explorada pela indústria para a produção da água de coco envasada. O subproduto principal dessa indústria é a casca do coco verde. É um subproduto abundante e pouco aproveitado no Brasil, sendo normalmente dispensado para Centro de Tratamento de Resíduos. A fibra presente na casca tem um grande potencial de uso e vem sendo amplamente estudada como material adsorvente de metais pesados (JOHARI et al., 2016), reforço para compósitos com matriz de polipropileno, melhorando a resistência elétrica e apresentando melhoras nos resultados do teste de quebra do isolamento sólido (*electrical treeing test*) (VIRGINIA; VIEIRA; THOMAZINI, 2011). Também tem aplicação nos materiais de construção, devido suas excelentes propriedades térmicas, físicas e mecânicas. Além de sua atividade fungicida natural, devido a presença de taninos condensados em sua composição (FIORELLI; BONILLA; ROBERTO, 2019), e diversos outros compostos fenólicos livres, com importante atividade antioxidante para melhorar a estabilidade oxidativa de óleos de origem animal, como camarão e

peixes (BUAMARD; BENJAKUL, 2017). A fibra também é aplicada na construção de assentos e estofados para veículos automotores (PIMENTEL et al., 2003).

Grande parte dessa casca não é aproveitada e, quando descartada sem nenhum tratamento, torna-se um grande passivo ambiental, principalmente devido ao longo tempo que permanece no ambiente sem degradação. A porção descartada é enviada para aterros sanitários, provocando uma proliferação de vetores de doenças e contaminando lençóis freáticos e o solo (LEITÃO et al., 2010). Uma alternativa para amenizar esse acúmulo é o beneficiamento deste resíduo industrial utilizando de suas fibras, como já mencionado. No entanto, ainda assim, o beneficiamento da casca do coco verde para produção de fibras gera um subproduto, o líquido da casca do coco verde (LCCV). Esse líquido é danoso ao meio ambiente, devido a quantidade de matéria orgânica e sais presentes. A quantidade de LCCV presente na casca do coco-verde compõe cerca de 80 a 85% da massa total do fruto (CARRIJO; LIZ; MAKISHIMA, 2002).

Portanto, um dos maiores problemas, é a grande quantidade de LCCV que é gerada no beneficiamento para obtenção do material seco (fibras e pó) a partir da casca do coco. O líquido contém alta carga de material orgânico (por volta de 60.000 mg de DQO L⁻¹), açúcares, na maior parte, taninos totais em 6 g L⁻¹ e condutividade bastante elevada 8,75 mS cm⁻¹, inviável para irrigação de algumas culturas (LEITÃO et al., 2010). Além do fato do meio do LCCV apresentar toxicidade a diversos microrganismo devido a presença dos taninos. Dessa forma, aumentando o tempo de degradação natural das cascas de coco (BRÍGIDA; ROSA, 2003).

Devido aos problemas envolvidos no descarte inadequado do LCCV, este trabalho propõe uma forma de tratamento deste efluente através da utilização da fermentação por levedura *Saccharomyces cerevisiae* com administração de ar. Esse processo deve reduzir a carga orgânica, através do consumo dos açúcares fermentescíveis pelas leveduras e melhorar a aplicação do líquido tratado em outra atividade (irrigação, reuso e etc.) ou mesmo no descarte. Isto é de grande importância por várias razões, desde atenuar os impactos ambientais.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Propor um tratamento de baixo custo para reduzir a carga orgânica presente no líquido da casca do coco verde que incentive a indústria a tratá-lo. Possibilitando a redução dos danos que a indústria do coco verde causa ao meio ambiente do seu descarte.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Preparar o LCCV para o tratamento por diversos processos;
- Caracterizar por análises físico-químicas o LCCV;
- Estabelecer as condições para o tratamento do LCCV;
- Tratar o LCCV com gelatina para remoção preliminar de compostos polifenólicos;
- Realizar a fermentação do LCCV sem e com o tratamento com gelatina;
- Analisar as amostras para acompanhamento do tratamento;
- Avaliar a aplicação da aeração constante no processo de fermentação;
- Avaliar o efeito da redução da DQO no material fermentado com aeração constante.
- Comparar os resultados obtidos com os processos propostos na literatura;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS PROVENIENTES DA INDÚSTRIA DO COCO VERDE

Em consequência de o Brasil ser o quarto maior produtor mundial de coco verde da atualidade, o país sofre bastante com a grande quantidade de resíduo de cascas de coco que é gerada. A maior parte é advinda da indústria que envasa a água de coco e uma parcela menor é dada pelo seu consumo *in natura*. No ano de 2008, a Embrapa revelou que as cascas de coco compõem mais de 70% de todo o lixo produzido nas cidades litorâneas do país (MATTOS et al., 2011). É um dado bastante preocupante, principalmente levando em consideração que estudos de 2016 apontam o crescimento no mercado da água de coco verde que será em média de 9,2% anualmente, até o ano de 2020 (A SEDE, 2018). Levando a crer que essa porcentagem de cascas de coco que compõe o total de lixo produzido pelas cidades, será bem maior nos anos que seguirão.

O acúmulo das cascas de coco nos lixões do país tem trazido sérias consequências ao meio ambiente. A sua degradação natural é bastante lenta e chega a durar mais de 8 anos, durante esse longo período o solo e as reservas hídricas subterrâneas são severamente afetados (BRÍGIDA; ROSA, 2003). Esse longo período de degradação é caracterizado principalmente pela presença de taninos (BUAMARD; BENJAKUL, 2015) e de lignina (TUOMELA et al., 2000). Estes são compostos resistentes a diversos tipos de microrganismo que têm o papel de degradar a matéria orgânica (Bhat et al., 1998). Dessa forma, favorecendo o acúmulo de cascas de coco nos aterros de lixões, que os superlota e diminui o seu tempo de vida útil.

Um meio que vem sendo utilizado para aliviar o problema do acúmulo deste resíduo é o beneficiamento da casca do coco, pois reduz as quantidades que vão para os lixões ao passo em que agrega valor a este resíduo. Ou seja, transformando as cascas de coco em produtos que possam ser absorvidos pelo mercado. Assim gerando emprego, renda e apoiando o desenvolvimento da região. Um estudo de Silveira e Aragão (SILVEIRA; ARAGÃO, 2016) mostrou a viabilidade da construção de unidades de beneficiamento da casca do coco, na cidade de São Luís, Maranhão. De modo que pudesse aproveitar alguma parte desse resíduo que representa parte

significativa do lixo produzido na cidade, pois os produtos de seu beneficiamento apresentam um grande leque de aplicações. Verificando aspectos técnicos do processamento, o investimento inicial, fluxo de caixa e análises econômicas de mercado e também análise da sensibilidade perante a oscilações nos preços do produto no mercado.

3.2 BENEFICIAMENTO DA CASCA DO COCO VERDE

As cascas de coco quando chegam nas unidades de beneficiamento são armazenadas nos pátios até que comece o seu processo de beneficiamento. A primeira etapa de processamento é a trituração em uma máquina forrageira. O material triturado é levado em seguida para uma prensa mecânica onde é possível retirar boa parte da umidade presente nas cascas de coco. O líquido gerado nesse processo de prensagem é denominado líquido da casca do coco verde (LCCV). O material triturado é levado para outra área aberta do pátio para secagem ao sol. Após a secagem, o material triturado e seco passa por um processo de classificação em uma máquina classificadora, onde é separada a fibra do coco (*'coir'*) do pó da casca do coco (*'coir dust'*) (SILVEIRA; ARAGÃO, 2016).

As fibras vegetais são materiais filamentosos e lignocelulósicos, caracterizados principalmente pela sua dureza e durabilidade. As cascas do coco têm quantidade significativa de fibras e estas apresentam em sua composição química lignina, de 37,2% a 43,9% e celulose, de 31,5% a 37,4%. Além de propriedades térmicas e mecânicas que permite que a fibra tenha potencial para ser utilizada como reforço para compósitos (CORRADINI et al., 2009). Também são utilizadas para confecção de tapetes, jarros artesanais, mantas de contenção de areia, sacos e cordas de fibra de coco, que vem sendo estudadas como reforço para estruturas de argamassa (WANG; CHOUW, 2018).

O pó da casca do coco é utilizado por pequenos agricultores, principalmente de hortas comunitárias das regiões próximas as unidades de beneficiamento, em razão de sua composição. O estudo de caracterização do pó da casca de coco realizado por Rosa (ROSA et al., 2001) mostrou a composição química de acordo com a Tabela 1. Além de pH por volta de 4,8 e 5,2 e condutividade de 1,5 dS m⁻¹ após lavagem, onde parte dos íons são lixiviados. Indicando boa aplicabilidade como substrato agrícola,

principalmente para germinação de sementes. Vale ressaltar que apresenta composição química que podem variar de acordo com a época do ano e principalmente fatores climáticos da região do cultivo.

Tabela 1. Composição química do pó da casca do coco verde (ROSA et al., 2001).

Componente	Quantidade (mg kg⁻¹)
Nitrogênio	6.520
Fósforo	1.420,0
Potássio	11.500,0
Cálcio	6.800,0
Magnésio	1.790,0
Sódio	12.500,0
Ferro	1.973,0
Cobre	6,6
Zinco	31,8
Manganês	23,3
Matéria orgânica (%)	72,58

Fonte: (ROSA et al., 2001)

No processo de beneficiamento, durante o processo de retirada da umidade das cascas de coco, para a obtenção de fibras e pó menos úmidos, é obtido o LCCV.

3.3 LÍQUIDO DA CASCA DO COCO VERDE

O LCCV é um efluente líquido com grande capacidade de poluição, caso seja arbitrariamente descartado sem qualquer tratamento, devido as características: alta carga de matéria orgânica, alto teor de fenóis e alta condutividade elétrica. Seu uso direto na irrigação pode ser bastante prejudicial, pois pode atrair insetos devido a presença de açúcares. A broca do coco, *Rhynchophorus palmarum*, é uma praga vetor de doença que ameaça as plantações de coqueiros no Brasil (SARRO; CROCOMO; FERREIRA, 2005). O besouro é responsável pela transmissão do *Bursaphelenchus cocophilus*, um nematoide causador da doença do anel-vermelho, uma doença letal

que afeta os coqueiros (FERREIRA; ARAUJO, 2014).

A condutividade elétrica elevada, é dada em função da grande quantidade de sais presentes na casca do coco, que é carregada pelo líquido durante a etapa de prensagem. O excesso de íons causa o estresse salino no solo podendo diminuir a absorção de nutrientes essenciais pela planta durante a fase de crescimento de algumas espécies (TESTER; DAVENPORT, 2003). Bem como o do alto teor de compostos fenólicos, como taninos, que têm fitotoxicidade e impedem o crescimento das raízes das plantas (KÄMPF; FERMINO, 2000).

Uma grande dificuldade encontrada para o tratamento desse tipo efluente é definir com precisão a quantidade de seus principais constituintes. Pois há uma gama de fatores que podem afetar a composição do líquido da casca do coco verde e tornar o tratamento impreciso. Como o tempo de espera do fruto nos pátios, a maturidade do fruto, o clima e características do solo de cultivo, dentre outras. Alguns trabalhos prontificaram-se a caracterizar esse efluente e apresentaram os dados mostrados na Tabela 2.

Com base na Tabela 2, é possível observar a divergência dos valores, principalmente nos micronutrientes. Como os compostos de nitrogênio, cálcio, magnésio, sódio e potássio. Vários fatores podem estar relacionados a essas disparidades, desde os fatores supracitados como também o método de extração do LCCV.

Tabela 2. Caracterização do LCCV por diversos trabalhos.

Variáveis	Unidade	Trabalho ¹	Trabalho ²	Trabalho ³
pH	-	4,65	4,91	4,60
CE	mS cm ⁻¹	4,91	8,75	8,70
ST	g L ⁻¹	58,70	65,30	-
STF	g L ⁻¹	12,92	6,16	-
DQO	g L ⁻¹	81,48	63,50	-
DBO₅	g L ⁻¹	70,72	41,20	-
Açúcares	g L ⁻¹	42,67	45,10	-
Fenólicos totais	g L ⁻¹	8,08	5,95	-
Amônia	mg L ⁻¹	127,40	746,00	4,90
Nitrito	mg L ⁻¹	1,54	0,42	-
Nitrato	mg L ⁻¹	28,38	66,00	2,30
Fósforo total	mg L ⁻¹	144,23	130,00	-
Cálcio	mg L ⁻¹	226,92	-	79,90
Magnésio	mg L ⁻¹	471,42	-	212,40
Sódio	mg L ⁻¹	900,00	-	379,50
Potássio	mg L ⁻¹	4.245,00	-	2300,00

Fonte: ¹Teixeira (2007), ²Leitão *et al* (2010) e ³Crisóstomo e Aragão (2009)

Nos valores mostrados no trabalho de Teixeira e Leitão observa-se altos valores de material orgânico no efluente através do quantitativo de DQO e DBO₅ (DBO no período de 5 dias de incubação). Correspondente, sobretudo, a grande quantidade de açúcar e também de compostos fenólicos presentes no LCCV, principalmente os taninos e catequinas (ESQUENAZI *et al.*, 2002).

3.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA SOBRE O LANÇAMENTO DE EFLUENTES

No Brasil, o órgão máximo que rege a legislação ambiental é o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Na sua Resolução N° 430 de 2011, dispõe

sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. O CONAMA também estabelece que os estados e municípios também possam criar suas próprias legislações. As condições de lançamento de efluentes, seguindo a resolução do CONAMA, são apresentadas no Quadro 1.

Portanto, o CONAMA não dispõe sobre valores de DQO para efluentes, isso fica a critério dos estados e municípios. Como por exemplo, no Rio de Janeiro, há a Diretriz de Controle de Carga Orgânica, que dispõem os valores limites para cada tipo de efluente industrial, como mostrado na Tabela 3 a seguir. No Estado do Paraná o limite de DQO dos efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) é 225 mg O₂ L⁻¹ (IAP, 2009).

Quadro 1. Condições do efluente de qualquer fonte poluidora para lançamento em corpos receptores.

Característica	Valor
pH	Entre 5 e 9
Temperatura	Inferior a 40 °C e que não provoque variação acima de 3 °C no corpo receptor.
Materiais sedimentáveis	Até 1 mL L ⁻¹ em teste de 1h no cone Imhoff
Regime de lançamento	Vazão máxima de 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor.
Óleo mineral	Até 20 mg L ⁻¹
Óleo vegetal	Até 50 mg L ⁻¹
Gordura animal	
Materiais flutuantes	Ausentes

Fonte: Resolução N° 430 do CONAMA.

Tabela 3. Limites de Demanda Química de Oxigênio por indústria no Rio de Janeiro.

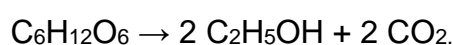
Tipo de Indústria	Limite de DQO (mg O₂ L⁻¹)
Indústria Química e Petroquímica	250
Fabricação de fármacos	150
Indústria de pescados	500
Fabricação de bebidas	150
Fabricação de tintas, vernizes e afins	300
Curtumes	400
Papel e celulose	200

Fonte: Diretriz de controle de carga orgânica do estado do RJ (DZ – 205.R-5)

Observando os valores limites de DQO para diversos efluentes é evidente que o LCCV necessita de um tratamento para reduzir sua alta carga orgânica para ser descartado. Levando em consideração o maior valor de DQO, que foi encontrado por Teixeira (2007), de 81.480 mg O₂ L⁻¹, a eficácia de um tratamento deveria ser acima de 99%. Tendo em vista a grande quantidade de açúcar dissolvido no LCCV, uma forma de reduzir a carga orgânica seria a fermentação alcoólica.

3.5 FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

A fermentação alcoólica é, basicamente, um processo bioquímico promovido pelos microrganismos (leveduras) que transformam o açúcar em álcool. Atualmente representa o processo biotecnológico majoritário do mundo (WALKER; WALKER, 2018). A levedura mais utilizada para esse processo é a *Saccharomyces cerevisiae*, pois é capaz de fermentar apenas o açúcar e não carboidratos maiores, como amido. A estequiometria do processo de fermentação alcoólica de forma simplificada é dada pela equação de Gay-Lussac:



Obedecendo a estequiometria desta equação, têm-se uma produção máxima de 0,51 gramas de etanol por grama de glicose (DUSSAP; POUGHON, 2016).

As leveduras são seres vivos unicelulares e eucarióticos. São capazes de

produzir energia (ATP) para suas funções vitais por duas vias distintas: respiratória (aeróbia) e fermentativa (anaeróbia) (GRIFFIN, 1994). Inicialmente, as leveduras utilizam uma molécula de glicose para a produzir duas moléculas de piruvatos, processo de quebra da molécula, chamado de glicólise. Havendo a presença de oxigênio na célula, o piruvato é levado para dentro da mitocôndria, ocorrendo o processo respiratório (aeróbio). Em baixíssimas concentrações de oxigênio, o piruvato passa pelo processo de fermentação (anaeróbio), onde cada piruvato é transformado em uma molécula de etanol e outra de CO₂ e um ATP (WALKER; WALKER, 2018).

O processo de respiração aeróbica tem um saldo bem maior, de 34 ATPs, contra apenas 2 ATPs do processo fermentativo anaeróbico por cada molécula de glicose consumida. Durante o processo de fermentação, segundo Griffin (1994), como há a carência de oxigênio, as leveduras podem utilizar outras fontes receptoras de elétrons, como nitrato e nitrito.

3.5.1 NUTRIENTES FUNDAMENTAIS PARA O DESENVOLVIMENTO AS LEVEDURAS

As leveduras, assim como qualquer outro ser vivo, necessitam de nutrientes minerais para a realização de seu metabolismo. Deacon (2006), define a composição química para um meio de cultura para os fungos de modo geral, apresentado na Tabela 4. Todavia, classifica três micronutrientes como os de maior importância para as leveduras em geral: o nitrogênio, o fósforo e o ferro. Estes são fundamentais na atividade fúngica, bem como a interação do microrganismo com o ambiente. Outros dois trabalhos são mostrados na tabela abaixo, o trabalho pioneiro de Andreasen (ANDREASEN; STIER, 1953) e outro mais recente (SEGURA-GARCÍA et al., 2015), que utiliza um meio de cultura semissintético padronizado, denominado M11.

Tabela 4. Componentes químicos definidos para o meio de cultura para leveduras.

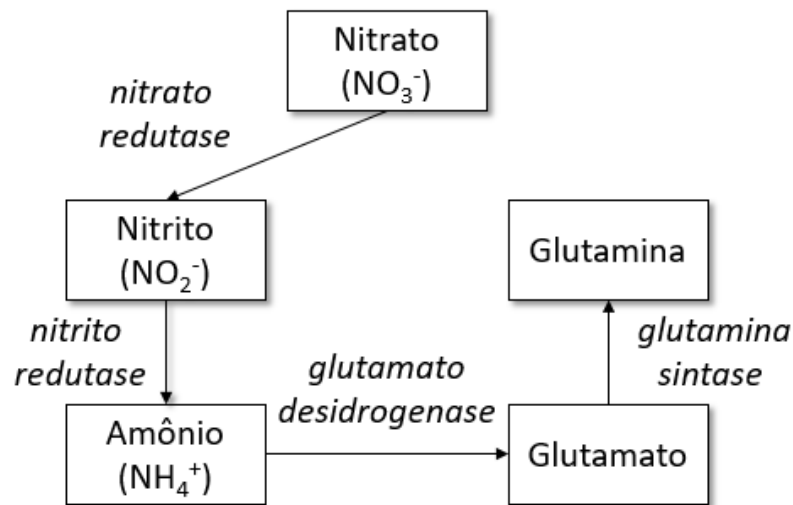
Nutrientes	Trabalho¹	Trabalho²	Trabalho³
NaNO₃ ou NH₄NO₃,	2,0 g	-	-
(NH₄)₂SO₄	-	1,5 g	5,0 g
KH₂PO₄ ou K₂HPO₄	1,0 g	0,98 g	1,0 g
MgSO₄, MgSO₄.7H₂O	0,5 g	2,23 g	0,5 g
KCl	0,5 g	-	-
CaCl₂	0,5 g	-	0,1 g
Ca(NO₃)₂.4H₂O	-	0,98 g	
FeSO₄, ZnSO₄, CuSO₄	0,005 – 0,01 g	-	0,2 g
ZnSO₄	0,005 – 0,01 g	-	0,4 g
CuSO₄	0,005 – 0,01 g	-	0,04g
Glicose ou Sacarose	20,0 g	-	-
Frutose	-	100,0 g	-
Dextrose	-	-	100,0 g
Biotina	10,0 µg	-	2,0 µg
Tiamina	100,0 µg	-	400,0 µg
Água destilada	1,0 L	1,0 L	1,0 L

Fonte: Deacon (2006)¹, SEGURA-GARCÍA et al. (2015)², Andreasen (1953)³

3.5.1.1 NITROGÊNIO

O nitrogênio é o micronutriente utilizado em maior quantidade pelas leveduras. Baixas quantidades desse nutriente pode ser fator limitante para o crescimento dos levedos. Os fungos podem utilizar nitrato, nitrito, amônia e formas orgânicas de nitrogênio como fonte deste, exceto fixá-lo do ar na sua forma gasosa N₂. O nitrato é a forma de nitrogênio mais oxidada, portanto, deve passar por sucessivas reduções até a forma de íon amônio, para ter melhor assimilação pelo organismo. Por isso, alguns fungos não utilizam o nitrato como fonte de nitrogênio, devido essas reduções (JENNINGS, 2004).

Figura 1. Caminho para assimilação de nitrogênio pelos fungos e outros organismos.



A maioria das leveduras utilizam do íon amônio ou mesmo da amônia como fonte de nitrogênio. Pois estes, combinados com ácidos orgânicos, podem usualmente produzir o glutamato ou aspartato. Que são precursores utilizados pelas leveduras para produção de aminoácidos essenciais, através das reações de transaminação (DEACON, 2006).

3.5.1.2 FÓSFORO

O fósforo é fundamental para todo organismo, pois participa da produção de fosfatos, ácidos nucleicos, ATP e fosfolípidos das membranas celulares. Tem baixa disponibilidade no meio ambiente, pelo fato de poder facilmente se complexar com matéria orgânica e precipitar como fosfato de cálcio e magnésio. No entanto, de acordo com Jennings, (2004), os fungos tem facilidade para obter fósforo por diversos meios. Pois possuem uma espécie de sistema de absorção de fósforo que é ativada quando está em ambiente com baixos níveis de fósforo. Além de liberar enzimas fosfatase, que podem capturar fosfato de fontes orgânicas. E solubilizam fosfatos inorgânicos aumentando o pH do meio externo através da liberação de ácidos orgânicos. Tendo a capacidade de acumular fosfato em excesso nos vacúolos, para necessidades ulteriores (DEACON, 2006).

3.5.1.3 FERRO

O ferro atua como um importante receptor e doador de elétrons nos processos intracelulares, principalmente no sistema do citocromo na respiração aeróbica. No geral, o ferro ocorre na forma Fe^{3+} , insolubilizado como óxidos férricos ou hidróxidos. Sua absorção pelo sistema celular ao liberar compostos sideróforos, que são quelantes de alta seletividade para captura de ferro (ferro-quelantes) (JENNINGS, 2004). O composto quelado ao Fe^{3+} é recapturado por membranas proteicas específicas, que o reduzem a Fe^{2+} . E novamente o composto sideróforos é liberado no sistema para captura de outro Fe^{3+} (GRIFFIN, 1994).

3.6 *Saccharomyces cerevisiae*

A *S. cerevisiae* é a levedura mais conhecida, estudada e utilizada pelo ser humano para diversas aplicações. Pertencentes ao filo Ascomycota, são fungos unicelulares capazes de produzir álcool pelo processo de fermentação anaeróbica. É empregada principalmente na produção de bebidas alcoólicas, pães, bolos e também para produção de etanol, para o uso como biocombustível renovável (DO NASCIMENTO et al., 2019). A *S. cerevisiae* também está no grupo dos seres vivos saprófitos, ou seja, que se alimentam decompondo matéria morta, são essenciais para a manutenção do equilíbrio trófico dos ecossistemas (EMMANUEL et al., 2012).

As leveduras são microrganismos facultativos, metabolizam os açúcares tanto pela via fermentativa (anaeróbica) quanto pela via respiratória (aeróbica), esta última também denominada via oxidativa. Sob condições anaeróbicas, o consumo de açúcar pela maioria das espécies de leveduras aumenta no processo fermentativo, esse é o chamado efeito Pasteur. No entanto, com as *S. cerevisiae*, este efeito não é bem pronunciado (BARNETT; ENTIAN, 2005). A *S. cerevisiae* tem a capacidade de fermentar o açúcar talqualmente na presença de oxigênio. Ou seja, essa levedura possui uma flexibilidade para ajustar o funcionamento de suas enzimas para que ocorra fermentação, independente da presença do oxigênio (FEREA et al., 2002).

Baseado nas condições necessárias supracitadas a respeito dos micronutrientes: fonte de nitrogênio (nitratos, nitritos e amônia/amônio), fontes de

fósforo, ferro e outros minerais; e também do principal macronutriente: o açúcar (fonte de carbono); o LCCV torna-se um ambiente propício para desenvolvimento das leveduras *S. cerevisiae*. Sendo a utilização das leveduras um importante meio para reduzir a carga orgânica nesse efluente industrial. Podendo reduzir seus impactos no meio ambiente.

3.7 TRATAMENTO DE EFLUENTES COM ALTA CARGA ORGÂNICA

Os efluentes com grande quantidade de matéria orgânica apresentam grande potencial poluidor se descartadas em corpos hídricos sem tratamento. Pois a matéria orgânica serve como fonte de alimento para diversos microrganismo do meio, aumentando sua taxa de crescimento, desequilibrando o ambiente e, conseqüentemente, diminuindo a quantidade de oxigênio dissolvido no ambiente aquático (ARCHELA et al., 2003).

Os métodos empregados para tratamento desse tipo de efluente são complexos, demandam equipamentos robustos de custo inicial alto e de mão de obra para manutenção especializada. O reator anaeróbico de fluxo ascendente (RAFA ou do inglês UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket) foi desenvolvido por LETTINGA et al (1980) e, ao passo que trata o efluente, produz energia na forma de metano. No entanto, alguns fatores devem ser controlados no interior do reator, como pH e temperatura, pois afetam diretamente na atividade dos microrganismos presentes (OLIVEIRA; FORESTI, 2004). Além do reator estar sujeito a limitações caso o efluente apresente altos teor de sólidos suspensos totais, acima de 6.000 mg L⁻¹ (LETTINGA; HULSHOFF, 1991).

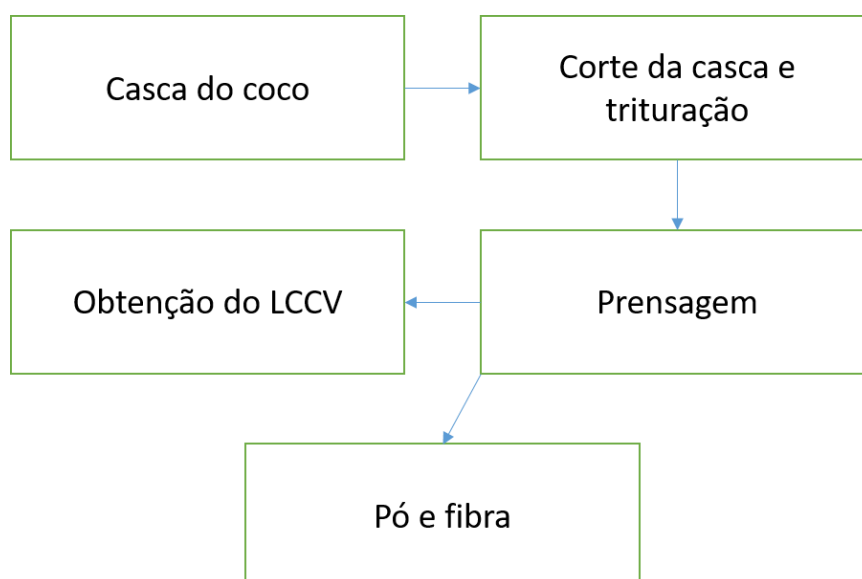
Santos e Sampaio realizaram estudos utilizando um UASB seguido de um Reator Biológico de Fungos (RFB) para tratamento de águas residuárias da indústria (SAMPAIO et al., 2004; SANTOS et al., 2006). O sistema apresentou boa remoção de DQO em escala laboratorial, removendo em média 95% de DQO do efluente de uma indústria de beneficiamento de castanha de caju. No seu sistema, é necessário a inoculação dos fungos e o que se mostrou mais promissor foi o *Cladosporium herbarum*. SAMPAIO et al (2004) relata a contaminação e proliferação do reator biológico pelo *Aspergillus flavus*, pois é um fungo comum presente no ar. O que soma aos fatores que dificultam a utilização desses métodos mais sofisticados.

4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.1 AMOSTRAS E REAGENTES UTILIZADOS

O coco verde utilizado para extração do LCCV foi adquirido no mercado local de Teresina, Piauí, Latitude: -5.08921, Longitude: -42.8016 5° 5' 21" Sul, 42° 48' 6" Oeste. As cascas foram trituradas em um liquidificador industrial e a extração foi realizada por meio de uma prensa hidráulica Emig Giaccio PHS 15t utilizando uma fôrma desenvolvida para retenção das fibras e recolhimento do líquido, como representado no fluxograma da Figura 2. O fermento biológico e a gelatina empregados são da marca comercial Dr. Oetker. A fermentação foi realizada em um balão de fundo chato de três juntas sob um sistema de refluxo para evitar a evaporação da água durante o processo. A determinação de pH e de condutividade elétrica foram realizadas no medidor de bancada multifuncional WA-2015, da marca Lutron, com seus respectivos eletrodos.

Figura 2. Processo de extração do LCCV da casca do Coco verde.



4.2 PRECIPITAÇÃO DOS COMPOSTOS POLIFENÓLICOS

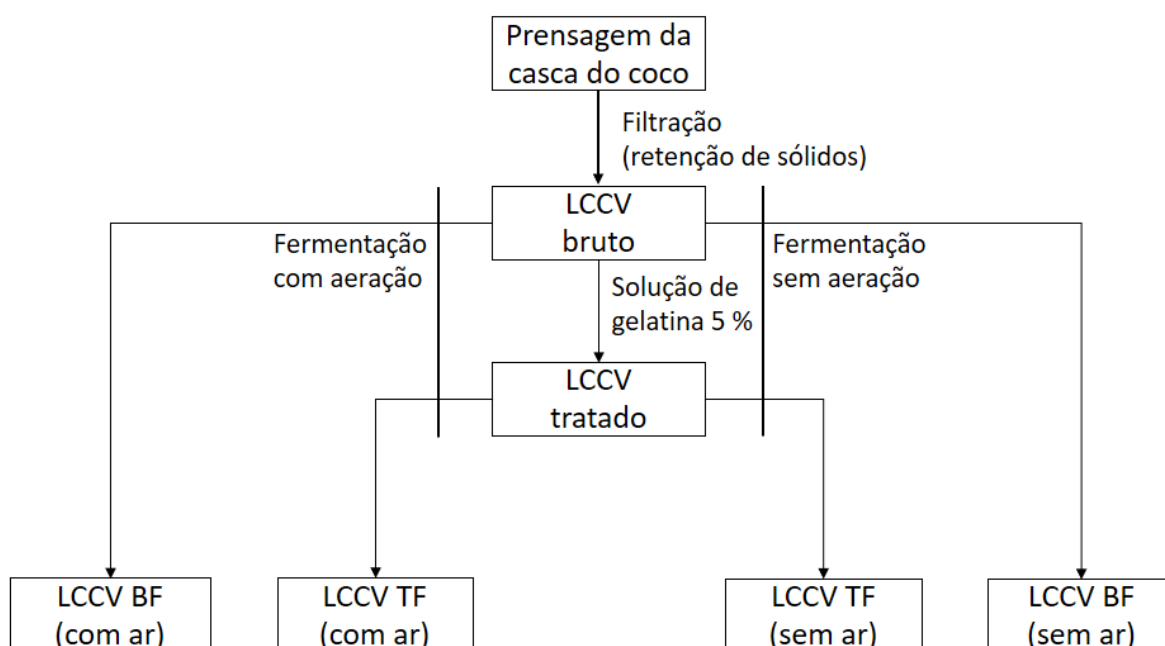
Após a prensagem, uma amostra do líquido extraído passou por um tratamento com uma solução aquosa 5% m m⁻¹ de gelatina (comercial), metodologia adaptada de Benitez e Lozano, 2007, para o teste. As quantidades de gelatina adicionadas foram

testadas nas seguintes proporções: 1, 2, 4, 8, 9 e 10 mL para cada 100 mL de LCCV. Em seguida foi agitado e filtrado em papel filtro.

4.3 FERMENTAÇÃO COM ADMINISTRAÇÃO DE AR

Foi adicionado 0,25 g do fermento seco, diretamente nas amostras de LCCV, sem processo de esterilização, mas, previamente filtradas para remoção de sólidos suspensos. 250 mL da amostra bruta, sem qualquer tratamento, e outros 250 mL, tratados com a solução de gelatina, passaram por uma fermentação aeróbica durante 120 h utilizando levedura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*), todo o procedimento é ilustrado na Figura 3.

Figura 3. Fluxograma do processo de tratamento do LCCV.



Condições de fermentação: temperatura de $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, pH entre 4,5 e 4,8 (pH próprio do LCCV) e com auxílio de uma bomba de ar JAD®, modelo S-510, com fluxo de ar de 4 L min^{-1} , para melhorar a aeração do efluente durante o processo de sua fermentação das leveduras. O parâmetro utilizado para verificar a quantidade de material fermentado foram as determinações de sólidos totais e, principalmente, a demanda química de oxigênio ao final de cada fermentação. As amostras

fermentadas, antes de serem analisadas foram centrifugadas a 3.000 rpm por 10 min e, em seguida, filtradas em papel filtro.

4.4 DETERMINAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS

A determinação de sólidos totais é importante para caracterização de efluentes industriais. Possui metodologia simples e fornece informações fundamentais sobre a quantidade total de resíduos particulados e dissolvidos (metais, sais inorgânicos, matéria orgânica e outros) presentes nos efluentes (CRESPILHO et al., 2004). Para esta determinação foram colocadas em cápsulas de evaporação 50 mL de cada amostra de: LCCV bruto, LCCV bruto e fermentada com aeração e sem aeração e LCCV tratado com a solução de gelatina e fermentado com aeração e sem aeração. Em seguida, levadas para estufa entre 103 e 105 °C para evaporação de voláteis e água e, logo após, medido a massa do resíduo de evaporação. Ao finalizar a determinação de sólidos totais, as cápsulas foram levadas para calcinação em um forno mufla a 500 °C por 2 horas para determinação dos sólidos totais fixos ou teor de cinzas, referente aos resíduos inorgânicos da amostra (APHA, 2005).

4.5 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA

A medida foi realizada no equipamento TA Instruments SDT Q600. A massa da amostra do resíduo de evaporação foi de 8,57 mg. Foi utilizada uma atmosfera inerte, o gás utilizado foi Argônio com um fluxo de 100 mL min⁻¹ e a taxa de aumento de temperatura foi de 10 °C min⁻¹ até a temperatura de 600°C.

4.6 ANÁLISES DE DQO DO LCCV PURO, TRATADO COM A GELATINA E APÓS A FERMENTAÇÃO

A análise de DQO possibilita a determinação rápida da quantidade de matéria orgânica em um efluente e nas etapas de seu tratamento (ZUCCARI; GRANER; LEOPOLDO, 2005). Para tanto, as amostras brutas e tratadas foram analisadas utilizando o Chemical Oxygen Demand (COD) TNTplus® Vial Test, UHR (250 – 15.000 mg O₂ L⁻¹). O kit utiliza o método de digestão do reagente pelo dicromato de potássio. Onde 2 mL da amostra foram adicionadas em um tubo de digestão, depois aquecida

a 150 °C por 2h no reator HACH DRB200, resfriada e realizada uma leitura no espectrofotômetro (UV-Vis) no comprimento onda de 620 nm referente a absorvância de Cr^{3+} produzido na reação.

4.7 DETERMINAÇÃO DE MICRONUTRIENTES

A concentração de nitrito foi medida com o kit Nitrite TNTplus® 840 Vial Test, HR (0,6 – 6,0 mg L⁻¹ NO₂⁻-N). A concentração do nitrato foi medida com o kit Nitrate TNTplus® 843 Vial Test, LR (0,2 – 13,5 mg L⁻¹ NO₃⁻-N). A quantidade de amônia foi determinada utilizando o kit Ammonia TNTplus® 831Vial Test, LR (1-12 mg L⁻¹ NH₃-N). O Nitrogênio Total de Kjeldahl (NTK) foi medido com o kit Simplified TKN (s-TKN) TNTplus® 880 Vial Test (0 – 16 mg L⁻¹ N). O fósforo total foi medido utilizando o kit Phosphorus (Reactive and Total) TNTplus® Vial Test, LR (0,15 – 4,50 mg L⁻¹ PO₄). O ferro foi determinado utilizando o kit Iron TNTplus Vial Test (0,2 – 6,0 mg L⁻¹ Fe). Todos os kits de reagentes foram da Hach Company, as medições foram realizadas em um espectrofotômetro UV-Vis HACH DR3900 e o reator HACH DRB200 foi utilizado para as digestões de alguns dos procedimentos. Importante ressaltar que o procedimento seguido foi o descrito nas embalagens dos kits e é segredo da empresa que os comercializa. Porém, o método utilizado em cada determinação é conhecido.

4.7.1 DETERMINAÇÃO DE NITRITO, NITRATO, NITROGÊNIO TOTAL DE KJELDAHL E AMÔNIA

O nitrito foi determinado utilizando o kit TNTplus® 840, cuja faixa de medição é de 0,05 a 1,00 mg NO₂⁻ L⁻¹ e utiliza o método da diazotação. Para a determinação, foi adicionado 2,0 mL da amostra do LCCV no frasco de teste. O frasco possui uma tampa denominada DosiCap™, que armazena o reagente em forma de cápsula na parte superior com um lacre removível. De modo que, fechando o frasco com a outra parte da tampa e agitando-o, o comprimido é dissolvido. Em seguida, esperou-se 10 minutos para a conclusão da reação e, ao final, formou um complexo esverdeado cuja coloração é proporcional a quantidade de nitrito na amostra. A leitura foi realizada no comprimento de onda 515, referente a absorvância do complexo.

O nitrato foi determinado utilizando o kit TNTplus® 835, cuja faixa de medição é de 1,00 a 60,00 mg NO₃⁻ L⁻¹ e é baseado no método do Dimetilfenol. Para a

determinação de nitrato, foi adicionado 1 mL da amostra no frasco de teste. Em seguida, adicionou-se 0,2 mL da solução A (disponibilizada no kit) e depois agitou-se o frasco. Esperou-se 15 minutos para completar a reação e, por fim, foi realizada a leitura no UV-Vis no comprimento de onda de 345 nm, referente a absorbância do 4-nitro-2,6-dimetilfenol formado.

O nitrogênio total Kjeldahl foi determinado utilizando o kit TNTplus® 880, cuja faixa de medição é de 0 a 16 mg L⁻¹. É uma forma simplificada para encontrar o nitrogênio total de Kjeldahl. As amostras foram diluídas 5 vezes para se encaixar na faixa de medição do kit. Foi adicionado no frasco de reação de 20 mm 1,3 mL da amostra de LCCV diluída, 1,3 mL da Solução A (disponibilizada pelo kit) e um tablete, denominado Reagente B. Depois, o frasco de reação foi levado para o reator DRB200 a 100 °C por 1h. O frasco é resfriado até a temperatura ambiente e então é adicionada a Microcápsula C, agita-se até a dissolução. Em seguida é coletado 0,5 mL da amostra digerida no frasco 20 mm e adicionada ao tubo de teste 1. Adiciona-se 0,2 mL da Solução D no tubo de teste 1 e depois faz-se a inversão até a completa mistura dos reagentes. Adiciona-se 1,0 mL da amostra inicial em um tubo de teste 2, adiciona-se 0,2 mL da Solução D, faz-se a inversão do tubo de teste 2, até a completa mistura e aguarda 15 minutos para a reação. Insere o tubo de teste 1 no UV-Vis, faz-se a leitura em 345 nm referente a quantidade de nitrofenol produzida, retira-o e insere o tubo de teste 2. O tubo teste 1 obtém-se o valor de nitrogênio total e o tubo de teste 2 obtém-se os valores de nitrito e nitrato. Da diferença dos valores encontrados, tem-se o Nitrogênio Total de Kjeldahl (amônia e nitrogênio orgânico).

4.7.2 DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL

O fósforo total é determinado utilizando o kit TNTplus® 843, cuja faixa de medição se dá em 0,15 a 4,50 mg PO₄³⁻-P. A amostra foi diluída 5 vezes para realizar o procedimento do kit. Inicialmente foi adicionado 2,0 mL da amostra no tubo de teste, a tampa DosiCap™ foi invertida, fechada e agitou-se todo o tubo. Foi levado para o reator DRB200 a 100°C por 1 hora. O tubo foi resfriado para a temperatura ambiente, agitado novamente, foi adicionado 0,2 mL da Solução B e foi colocado outra tampa DosiCap™ com o Reagente C. O frasco foi agitado novamente e deixado em repouso por 10 minutos para completar a reação. Em seguida foi realizada a leitura no

comprimento de onda 880 nm, referente a absorbância do composto azul de fosfomolibdênio.

4.6.3 DETERMINAÇÃO DE FERRO

A quantidade de ferro é determinada utilizando o kit TNTplus® 858, cuja faixa de medição se dá de 0,2 a 6,0 mg L⁻¹. A amostra foi diluída em 5 vezes para o procedimento indicado pelo kit. Onde foi adicionado 2,0 mL da amostra no tudo de teste, em seguida agitado por inversão e aguardou-se 15 minutos para completar a reação, de acordo com procedimento indicado. Após, colocou-se o tubo de teste no espectrofotômetro para leitura no comprimento de onda 515 nm, referente ao complexo do ferro II com o indicador 1,10-fenantrolina.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO LCCV

O LCCV obtido por prensagem é um líquido com material em suspensão e as seguintes características: cor marrom avermelhado transparente, cheiro característico da casca do coco e sabor adstringente de tanino.

Na literatura, autores encontraram valores de DQO em amostras de LCCV superiores a 60.000 mg O₂ L⁻¹ (TEIXEIRA, 2007). Em razão do conhecimento desse alto valor de DQO, as amostras obtidas foram diluídas cinco vezes para apresentar resultados na faixa de leitura de 250 a 15.000 mg O₂ L⁻¹. O valor de DQO encontrado foi de 64.326 mg O₂ L⁻¹, indicativo de uma alta carga orgânica. O pH da amostra bruta estava na faixa de 4,5 a 4,8, adequado para o processo de fermentação por leveduras, a condutividade elétrica variou de 7,5 a 8,6 mS cm⁻¹ e é indicativo da presença de sais inorgânico (sais de potássio, sódio, cálcio e magnésio, com os ânions nitrito, nitrato, fosfato, cloretos e outros) (ARAÚJO, 2004).

Para tanto, realizou-se a determinação de nutrientes presentes no meio do LCCV que são importantes para a nutrição das leveduras. A fim de avaliar se o meio do LCCV seria propenso para a atividade fermentativa das leveduras. Em vista da grande quantidade presumível de sais inorgânico, determinou-se as quantidades principalmente de nitrogênio total de Kjeldahl, nitrito e nitrato no meio, bem como as quantidades fósforo e ferro (Tabela 5). Pois tais compostos são micronutrientes fundamentais para o desenvolvimento das leveduras (LIMA et al., 2001).

Tabela 5. Fontes de Nitrogênio, Fósforo e Ferro na amostra bruta de LCCV.

Nutrientes	Quantidade (mg L⁻¹)
Nitrato	126,6
Nitrito	0,552
Amônia	7,45
NTK	59,5
Ferro	5,8
Fosfato	63,5

NTK – Nitrogênio total de Kjeldahl

A partir desses dados de caracterização do LCCV, verificou-se as quantidades dos nutrientes fundamentais que possibilitam uma boa atividade fermentativa das leveduras *Saccharomyces cerevisiae*. Os valores encontrados para as fontes de Nitrogênio mostram-se suficientes para uma boa atividade de crescimento das leveduras (MANGINOT; ROUSTAN; SABLAYROLLES, 1998). Segundo o autor Shakoury-Elizeh et al. (2010), o Ferro é fundamental para o perfeito funcionamento das atividades enzimáticas nos processos metabólicos das leveduras. Dessa forma, quantidade de Ferro total encontrada, de 5,8 mg L⁻¹, é suficiente para o processo fermentativo no meio LCCV. E, levando em consideração as quantidades propostas por Andreasen e Stier (1953), Deacon (2006) e Segura-García et al. (2015), no LCCV há o dobro da quantidade mínima de Fósforo para o desenvolvimento das leveduras. Um contraponto à atividade das leveduras é a presença de taninos no LCCV (BRÍGIDA; ROSA, 2003), que são compostos orgânicos com propriedades antimicrobianas que inibem o crescimento de diversos microrganismos (BHAT; SINGH; SHARMA, 1998).

Propôs-se então, um método com uma etapa preliminar química para a remoção dos compostos polifenólicos com a solução de gelatina, seguida de uma etapa biológica de fermentação para tratar esse tipo de efluente. A remoção química dos compostos polifenólicos por floculação e a fermentação do açúcar com a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, promoveu a remoção de parte da matéria orgânica do efluente. A fermentação é facilitada pela presença dos nutrientes inorgânicos que propiciam o metabolismo dos levedos, Tabela 5. De acordo com Fogler (2002), no metabolismo, o microrganismo consome fontes de carbono, fontes de nitrogênio e outros nutrientes para o crescimento celular e síntese de produtos.

5.2 PRECIPITAÇÃO DOS COMPOSTOS POLIFENÓLICOS

A quantidade de solução de gelatina (5% m m⁻¹) ideal encontrada foi a de 8,0 mL por 100 mL de LCCV. Adições superiores a 8,0 mL tornavam a parte sobrenadante da mistura turva, após a precipitação dos compostos polifenólicos imobilizados, pelas ligações de hidrogênio entre as hidroxilas fenólicas (-OH) dos polifenóis e as carbonilas (-CO) do colágeno presente na gelatina (HUANG; LIAO; SHI, 2009). Polifenóis tem grande capacidade de interação com proteínas, principalmente aquelas

ricas em prolina, como a gelatina (YANG et al., 2019). A turbidez é característica da solução de gelatina utilizada, indicando seu excesso. Também pode-se observar a clarificação do LCCV, que perde a coloração avermelhada (característica de taninos) e passa para uma coloração amarelo claro transparente, como mostrado na Figura 3. Processo similar ao de clarificação da cajuína com a gelatina, para remoção de taninos (NASCIMENTO et al., 2003). Hussein (2017) apresenta uma hipótese de como os polifenóis são imobilizados pela molécula de colágeno presente na gelatina, mostrado na Figura 5.

Figura 4. Processo de clarificação do LCCV com a utilização da solução de gelatina 5% (m m⁻¹).

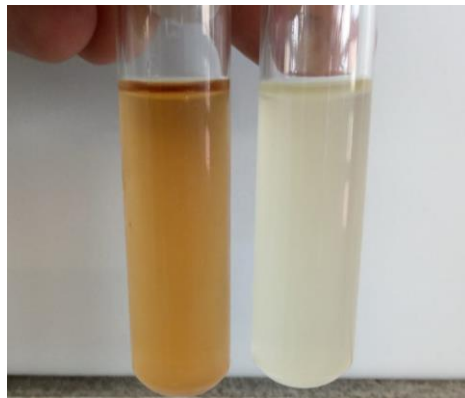
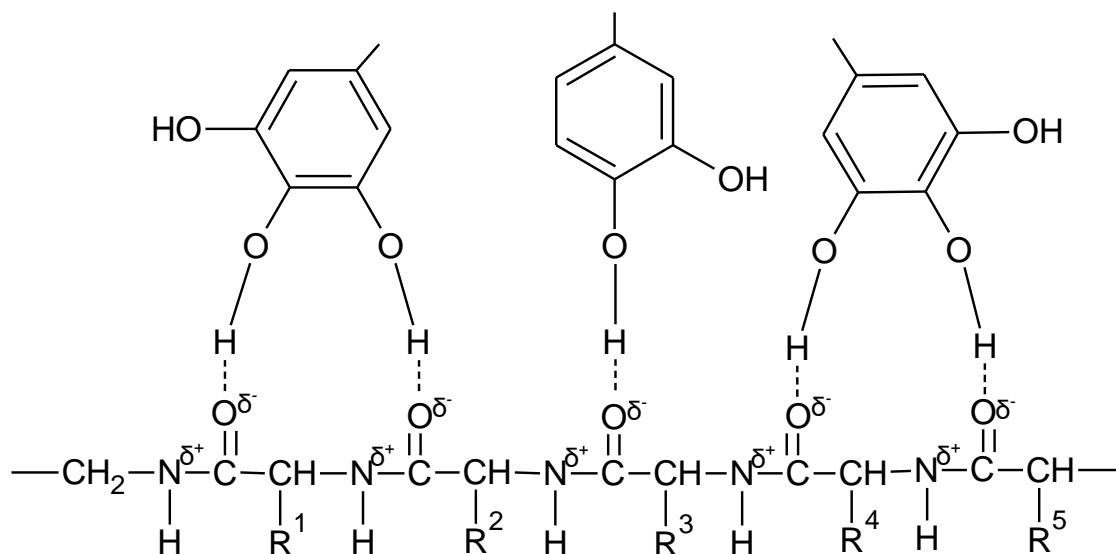


Figura 5. Ligações de hidrogênio entre os polifenóis e os grupos –CO do colágeno presente na gelatina, adaptado de Duraisamy *et al.* (2016).



Esse material formado entre os taninos e a matriz de colágeno apresenta ligação forte o suficiente para imobilizar os polifenólicos possibilitando precipitá-los da solução do LCCV (LEI et al., 2018). Muitos estudos vêm sendo realizados utilizando esse material formado pela imobilização dos polifenóis pelo colágeno para adsorção de metais pesados (HUANG; LIAO; SHI, 2009; SUN et al., 2011; XU et al., 2017) e também na síntese de filmes para revestimento em implantes ósseos (YANG et al., 2019).

5.3 ANÁLISE DE SÓLIDOS

5.3.1 SÓLIDOS TOTAIS

Uma amostra de 50 mL do LCCV sem tratamento foi aquecida na estufa a, aproximadamente, 103 - 105 °C, para a evaporação de toda água presente na amostra e voláteis remanescentes. Após o processo de secagem do LCCV bruto recém extraído encontrou-se o valor de $57,90 \pm 1,56 \text{ g L}^{-1}$ para os sólidos totais. Esse valor é cerca de 100 vezes maior que o permitido para descarte de efluente em corpos aquáticos de água doce pelo CONAMA em sua Resolução N° 430/2011. Se comparado a outros trabalhos de referência que estudaram o LCCV o valor de sólidos totais obtido mostrou-se bem próximo a eles (LEITÃO et al., 2010; TEIXEIRA, 2007). Essa grande quantidade de sólidos totais na amostra bruta é dada em consequência principalmente as grandes quantidades de açúcares, fenólicos totais e também aos compostos inorgânicos ainda presentes na amostra.

Para as amostras bruta fermentada (BF) e tratada fermentada (TF), ambas sem aeração, foram encontrados os valores de sólidos totais de $17,20 \pm 0,72 \text{ g L}^{-1}$ e $14,26 \pm 0,50 \text{ g L}^{-1}$, respectivamente, 70,2% e 75,37% de remoção em comparação com o valor inicial de $57,90 \pm 1,56 \text{ g L}^{-1}$. Observa-se uma redução do sólido total residual da amostra 5,17% maior na amostra que passou pelo tratamento com a solução de gelatina, o que indica uma melhor fermentação no LCCV onde houve a retirada de parte dos polifenólicos no tratamento com a solução de gelatina (BRÍGIDA; ROSA, 2003). As amostras de LCCV BF e LCCV TF aeradas foram encontrados os valores de sólidos totais $14,73 \pm 0,70 \text{ g L}^{-1}$ e $11,20 \pm 0,60 \text{ g L}^{-1}$, respectivamente, 74,55% e 80,65%. Todos os valores estão apresentados na Tabela 6. Dessa maneira, pode-se

observar que o tratamento sob administração de ar propiciou um maior aumento na redução dos sólidos totais. Nas amostras aeradas, a redução foi maior, como ilustrado no gráfico da Figura 6.

Figura 6. Valores de sólidos totais das amostras bruta, bruta fermentada (BF) e tratada com a solução de gelatina fermentada (TF), com e sem aeração.

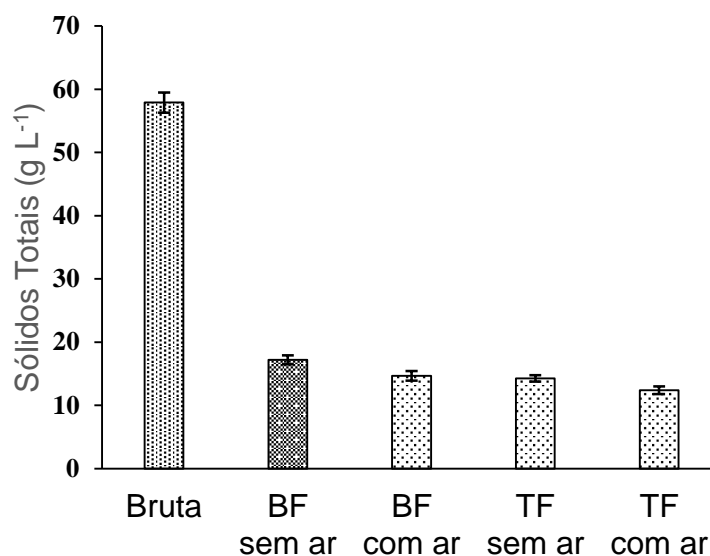


Tabela 6. Valores de sólidos totais das amostras.

Amostra	Sólidos Totais (g L ⁻¹)	Redução (%)
Bruta	57,90 ± 1,56	-
BF sem ar	17,20 ± 0,72	70,20
BF com ar	14,73 ± 0,70	74,55
TF sem ar	14,26 ± 0,50	75,37
TF com ar	11,20 ± 0,60	80,65

Assim, pode-se observar uma redução significativa nos valores de sólidos totais com o tratamento de fermentação proposto, que se pronunciou ainda mais utilizado a aeração. A principal explicação dessa redução é o consumo dos açúcares fermentescíveis presentes no LCCV. O recurso de aeração potencializou a atividade da levedura *Saccharomyces cerevisiae* no consumo dos açúcares presentes no LCCV, material orgânico em maior quantidade no efluente (LEITÃO et al., 2010;

TEIXEIRA, 2007). Permitiu à levedura trabalhar também sob condições aeróbicas durante a fermentação, tornando o processo mais eficiente (FEREA et al., 2002). No processo fermentativo (aeróbio ou anaeróbio) as leveduras utilizam os açúcares menores em seu metabolismo, transformando-os em etanol e dióxido de carbono (DUSSAP; POUGHON, 2016), quando a reação é completa.

O resíduo retido na cápsula de evaporação apresentava odor característico de açúcar queimado. Assim como a amostra bruta após sua determinação de sólidos totais. Indica que a fermentação incompleta dos açúcares, após os 5 dias. Esses açúcares são aqueles não fermentescíveis, que por conta de seu tamanho, não são metabolizados pelas leveduras no processo de fermentação (BELINCHÓN; GANCEDO, 2003).

5.3.2 SÓLIDOS FIXOS

O material calcinado da amostra de LCCV bruto apresentou os valores médios de $11,06 \pm 0,11 \text{ g L}^{-1}$. Esse valor corresponde aos compostos inorgânicos remanescentes do processo de calcinação do resíduo dos sólidos totais do efluente na etapa da análise anterior. Para as amostras que foram fermentadas de LCCV BF sem aeração encontrou-se o valor de $8,36 \pm 0,25 \text{ g L}^{-1}$ e para a amostra de LCCV TF sem aeração encontrou-se o $8,30 \pm 0,30 \text{ g L}^{-1}$. Uma redução de 24,41% e 24,95% para a amostra de LCCV BF e a amostra de LCCV TF, respectivamente, em relação ao valor inicial encontrado para a amostra de LCCV bruto. Essa redução dos sólidos fixos, portanto, dos compostos inorgânicos, que corresponde ao consumo destes compostos pelas leveduras como micronutrientes que são essenciais para seu metabolismo (ANDREASEN; STIER, 1953; DEACON, 2006).

Nas amostras de LCCV que fermentadas com aeração, foi encontrado o valor de $8,06 \pm 0,25 \text{ g L}^{-1}$, para a amostra de LCCV BF e $7,96 \pm 0,31 \text{ g L}^{-1}$ para a amostra de LCCV TF. Com redução de 27,12% e 28,02%, respectivamente, em relação ao valor inicial de sólidos fixos de $11,06 \pm 0,11 \text{ g L}^{-1}$. Isso mostra que a fermentação sem qualquer pré-tratamento deixa uma quantidade maior de sólidos fixos em comparação com a amostra tratada com a solução de gelatina. O mesmo pode ser observado nas amostras que passaram pela aeração. Os valores estão ilustrados na Figura 7 e na Tabela 7.

Figura 7. Valores de sólidos fixos da calcinação, das amostras: amostra bruta; amostra BF e amostra TF, com e sem aeração.

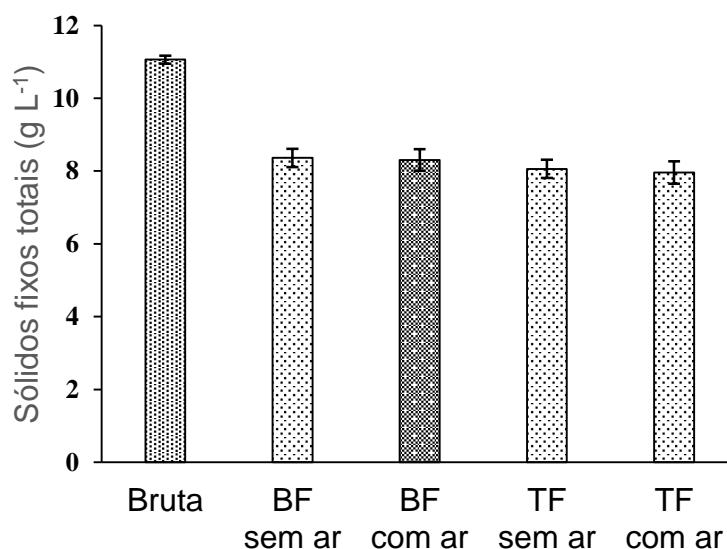


Tabela 7. Valores de sólidos fixos das amostras.

Amostras	Sólidos fixos (g L ⁻¹)	Amostras
Bruta	11,06 ± 0,11	Bruta
BF sem ar	8,36 ± 0,25	BF sem ar
BF com ar	8,06 ± 0,25	BF com ar
TF sem ar	8,30 ± 0,3	TF sem ar
TF com ar	7,96 ± 0,31	TF com ar

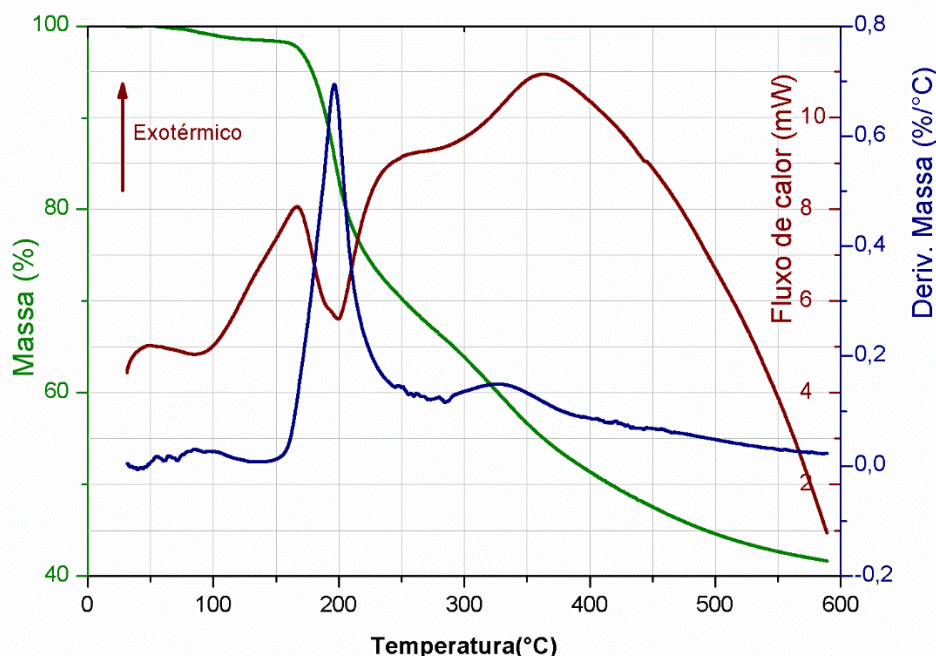
Os sólidos fixos representam o resíduo inorgânico remanescente na amostra após a calcinação de toda a matéria orgânica. Nos resíduos inorgânicos estão presentes os principais micronutrientes utilizados pelas leveduras: fontes de nitrogênio, fósforo, ferro entre outros (DEACON, 2006). Pode-se observar que as médias absolutas dos teores de cinzas sofrem uma pequena redução nas amostras tratadas e também nas amostras aeradas. Indicando que, nesses casos, houve uma maior taxa multiplicação dos levedos, uma vez que esses micronutrientes são incorporados pelas leveduras (JENNINGS, 2004). O teor de cinzas é, portanto, o quantitativo de minerais presentes na amostra, como sais e óxidos de K, Na, Ca, Mg e Fe entre outros, como reportado por (TEIXEIRA, 2007)

A quantidade de sólidos fixos encontrado corrobora com o alto valor de condutividade elétrica encontrado no material, que varia de 7,5 a 9,0 mS cm⁻¹. Valor de condutividade elétrica considerado alto para irrigação de diversas culturas. No entanto, houve a tentativa por Crisóstomo e Aragão (2009), de substituir a suplementação com adubos pelo LCCV. Seus resultados mostraram que as quantidades de LCCV aplicadas foram insuficientes para que substituísse o cloreto de potássio na adubação da planta, principalmente por causa do processo de lixiviação que arrasta os íons para camadas mais profundas.

5.4 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA

O resíduo de evaporação do LCCV, conforme descrito no item 5.2, foi submetido a análises termogravimétricas TG e DSC em atmosfera não comburente (Argônio). Na Figura 8, podemos identificar três curvas: (A) TG, (B) DTA, e (C) DSC.

Figura 8. Termograma do resíduo de evaporação da amostra bruta do LCCV, após secagem a 103 – 105 °C.



A curva de DTA (Figura 7, curva (B)) apresenta uma banda de baixa intensidade centrada em 84 °C para o primeiro evento, um pico de maior intensidade na temperatura de 196 °C e o último evento com uma banda centrada em 328 °C. N

termograma da Figura 7, a curva A mostra a primeira perda de massa de 1,65% no intervalo de aquecimento de 70 a 130 °C. Essa massa perdida corresponde à presença de água e materiais voláteis na amostra (matéria orgânica de baixo peso molecular) (EL-SAYED; MOSTAFA, 2014). Na sequência, a segunda perda de massa entre 166 e 258 °C ocorre a degradação da matéria orgânica: compostos polifenólicos e dos açúcares (CHENG; WINTER; STIPANOVIC, 2012), com a perda de aproximadamente 30%, o que está de acordo com a composição do material e do que se observou em outros experimentos (como a fermentação) (TEIXEIRA, 2007). A próxima perda de massa se inicia próximo de 280 °C, onde pode-se observar com perda de massa de 24,48 até uma temperatura próxima de 600 °C. A perda está associada a remoção dos resíduos orgânicos (MAGDZIARZ; WERLE, 2014) e formação de óxidos inorgânicos. O resíduo remanescente até o final da análise é de aproximadamente 42% (THAKUR; SRIVASTAVA; MALL, 2009).

A Figura 7, curva (C), mostra a absorção de calor com o aumento da temperatura (DSC). Os eventos apresentados nesta medida estão de acordo com os obtidos na curva de TG, onde apresenta um evento principal a 201,5 °C indicando a fusão do material (provavelmente açúcares). Assim como o esperado para esses compostos em uma calorimetria exploratória como demonstrado no trabalho de Lee (LEE; THOMAS; SCHMIDT, 2011).

5.5 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

O LCCV bruto apresentou uma DQO de 64.326 mg O₂ L⁻¹ e após o tratamento com a solução de gelatina (5% m m⁻¹), a quantidade de DQO reduziu para 50.034 mg O₂ L⁻¹, uma redução de 22,21%. Estes valores altos de DQO indicam de uma grande quantidade de material orgânico presente. Levando em consideração que praticamente todo o LCCV vai para o esgoto, isso torna-se um problema para as estações de tratamento de esgoto. Uma vez que os esgotos que são tratados nessas unidades apresentam uma média de DQO inicial máxima de até 850 mg O₂ L⁻¹ (MANYUCHI; MBOHWA; MUZENDA, 2018).

Os resultados obtidos após a fermentação do LCCV bruto com a levedura *S. cerevisiae* foi: 15.943 mg O₂ L⁻¹ para a amostra não aerada, com redução de 75,21% e 12.733 mg O₂ L⁻¹ para a amostra aerada, com redução de 80,20%. Para o LCCV tratado com a solução de gelatina: 12.613 mg O₂ L⁻¹ para a amostra não aerada

80,39% e 9.256 mg O₂ L⁻¹ para a amostra aerada, com redução de 85,61%. Todos os valores são mostrados na Tabela 6 para melhor visualização.

Tabela 8. Valores da DQO_f após o tratamento realizado.

Amostra LCCV	DQO_f (mg O₂ L⁻¹)	Redução da DQO %
Bruta sem ar	15.943	75,21
Bruta com ar	12.733	80,20
Tratada sem ar	12.613	80,39
Tratada com ar	9.256	85,61

Na primeira etapa de tratamento, com o uso da gelatina é possível retirar parte de taninos e outros compostos polifenólicos presentes no material, conseqüentemente observa-se uma redução de 22,21% da DQO. A administração de ar constante durante o tratamento possibilitou ainda mais a redução da matéria orgânica, pois estimulava a fermentação aeróbia nas leveduras *S. cerevisiae*. Levando em consideração o processo como um todo, a redução do DQO inicial do LCCV bruto até a DQO final após o tratamento com a gelatina, a redução total é de 85,61%. A DQO final corresponde aos compostos que não são fermentescíveis pela *S. cerevisiae*. O colágeno, presente na gelatina, por meio de ligações de hidrogênio de seus grupamentos -CO imobilizam as moléculas dos compostos polifenólicos (HUSSEIN, 2017), como ilustrado pela Figura 4, formando agregados pesados e, dessa forma, possibilitando a separação compostos polifenólicos presentes no efluente por meio da decantação.

Os resultados obtidos com o procedimento (remoção dos compostos polifenólicos com gelatina e fermentação com leveduras por 120 horas) podem ser comparados, conforme mostrado na Tabela 7, com os apresentados no trabalho de Leitão (LEITÃO et al., 2010), onde sua melhor remoção foi de 90% da matéria orgânica em um reator biológico de fungos (RBF) em 384 horas. Por outro lado, quando usando sistema de lodos fluidizados (SLA), encontrou uma remoção de 82 % da matéria

orgânica em 641 horas, e ainda a remoção de 80%, em 144 horas, no reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (RAFA).

Tabela 9. Dados comparativos do tratamento realizado com os tratamentos encontrados na literatura.

Tratamento	Resultado	Tempo de tratamento
Gelatina/Fermentação	85,61%	120 h
RBF	90,00%	384 h
SLA	82,00%	641 h
RAFA	80,00%	144 h

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

O tratamento proposto apresentou resultados relevantes devido a quantidade de matéria orgânica que foi reduzida, utilizando um método simples e rápido. Os valores de sólidos totais obtido para a amostra bruta fermentada sem aeração e bruta tratada com aeração foram 70,2% e 74,55%, respectivamente. Para as amostras que foram tratadas com a solução de gelatina, obteve-se redução de sólidos totais de 75,37% para a amostra sem aeração e 80,65% para a amostra com aeração. Nota-se que, tanto o processo de tratamento com solução de gelatina como o processo de aeração têm influência sobre os valores de ambos resíduos (totais e fixos), indicando uma melhora na fermentação do LCCV pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*. A redução da matéria orgânica obtida foi mais de 85%, monitorada pela demanda química de oxigênio, indicando uma boa redução na quantidade de matéria orgânica no efluente em questão, se comparado a outros trabalhos que utilizam sistemas mais complexos, sensíveis e morosos.

Para os trabalhos futuros, é importante buscar uma forma de beneficiamento do LCCV. Uma vez que, nos tratamentos onde obteve-se a maior redução de matéria orgânica, o efluente ainda não estaria apto para ser descartado em corpos hídricos, de acordo com a resolução do CONAMA.

REFERÊNCIAS

A SEDE por água de coco estimula produção brasileira. Isto é dinheiro, 2018.

Disponível em: <2018<https://www.istoedinheiro.com.br/a-sede-por-agua-de-coco-estimula-producao-brasileira-2>> Acesso em 16 de maio de 2019.

ANDREASEN, A. A.; STIER, T. J. B. Anaerobic nutrition of *Saccharomyces cerevisiae*. I. Ergosterol requirement for growth in a defined medium. **Journal of Cellular and Comparative Physiology**, v. 41, n. 1, p. 23–36, 1953.

ARAÚJO, ET AL. Avaliação do potencial de aproveitamento do líquido da casca de coco verde. p. 1–4, 2004.

ARCHELA, E. et al. Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos. **Geografia**, v. 12, n. 1, p. 517–525, 2003.

BARNETT, J. A.; ENTIAN, K.-D. A history of research on yeasts 9: regulation of sugar metabolism. **Yeast**, v. 22, n. 11, p. 835–894, 2005.

BELINCHÓN, M. M.; GANCEDO, J. M. Xylose and some non-sugar carbon sources cause catabolite repression in *Saccharomyces cerevisiae*. **Archives of Microbiology**, v. 180, n. 4, p. 293–297, 2003.

BENITEZ, E. I.; LOZANO, J. E. Effect of gelatin on apple juice turbidity. **Latin American Applied Research**, v. 37, n. 4, p. 261–266, 2007.

BHAT, T. K.; SINGH, B.; SHARMA, O. P. Microbial degradation of tannins - A current perspective Bhat, T. K., B. Singh, and O. P. Sharma. 1998. Microbial degradation of tannins - A current perspective. *Biodegradation* 9:343–357. **Biodegradation**, v. 9, n. 5, p. 343–357, 1998.

BRÍGIDA, A. I. S.; ROSA, M. DE F. Determinação do Teor de Taninos na Casca de Coco Verde (*Cocos nucifera*). n. October, p. 25–27, 2003.

BUAMARD, N.; BENJAKUL, S. Improvement of gel properties of sardine (*Sardinella albella*) surimi using coconut husk extracts. **Food Hydrocolloids**, v. 51, p. 146–155, 2015.

BUAMARD, N.; BENJAKUL, S. Ethanollic coconut husk extract: In vitro antioxidative activity and effect on oxidative stability of shrimp oil emulsion. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 119, n. 11, p. 1–11, 2017.

CAPPELLETTI, M. et al. High Pressure Carbon Dioxide pasteurization of coconut water : A sport drink with high nutritional and sensory quality. **JOURNAL OF FOOD ENGINEERING**, v. 145, p. 73–81, 2015.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S. DE; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. p. 533–535, 2002.

CHENG, K.; WINTER, W. T.; STIPANOVIC, A. J. A modulated-TGA approach to the kinetics of lignocellulosic biomass pyrolysis/combustion. **Polymer Degradation and Stability**, v. 97, n. 9, p. 1606–1615, 2012.

CORRADINI, E. et al. Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 837–846, 2009.

CRESPILHO, F. N. et al. Brazilian Industrial Coconut Wastewater Treatment by Electroflotation. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 387–392, 2004.

CRISÓSTOMO, L. A.; ARAGÃO, F. A. S. DE. Utilização do líquido da casca de coco-verde em pomar de coqueiro anão e efeitos sobre as características do solo e da planta. 2009.

DEACON, J. *Fungal Biology*, 4th edition. Blackwell Publishing, Oxford, UK. 2006.

DO NASCIMENTO, J. M. et al. Biosorption Cu (II) by the yeast *Saccharomyces*

cerevisiae. **Biotechnology Reports**, v. 21, n. 2018, p. e00315, 2019.

DURASAMY, R.; SHAMENA, S.; BEREKETE, A. K. A Review of Bio-tanning Materials for Processing of Fish Skin into Leather. **International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)**, v. 39, n. 1, p. 19, 2016.

DUSSAP, C. G.; POUGHON, L. **Microbiology of Alcoholic Fermentation**. Elsevier B.V., 2016.

EL-SAYED, S. A.; MOSTAFA, M. E. Pyrolysis characteristics and kinetic parameters determination of biomass fuel powders by differential thermal gravimetric analysis (TGA/DTG). **Energy Conversion and Management**, v. 85, p. 165–172, 2014.

EMMANUEL, I. et al. Simulação da dispersão de fungos em superfícies planas via autômatos celulares. n. May, 2012.

ESQUENAZI, D. et al. Antimicrobial and antiviral activities of polyphenolics from *Cocos nucifera* Linn . (*Palmae*) husk fiber extract. v. 153, p. 647–652, 2002.

FEREA, T. L. et al. Systematic changes in gene expression patterns following adaptive evolution in yeast. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 96, n. 17, p. 9721–9726, 2002.

FERREIRA, J. M. S.; ARAUJO, R. P. C. Avaliação de diferentes fontes atrativas e suas prováveis interações na captura de *Rhynchophorus palmarum*. n. May, p. 23–29, 2014.

FIORELLI, J.; BONILLA, S.; ROBERTO, M. Assessment of multilayer particleboards produced with green coconut and sugarcane bagasse fibers. **Construction and Building Materials**, v. 205, p. 1–9, 2019.

FOGLER, H. S. Elementos de engenharia das reações químicas. **Editores Ltc**, n. 3 ed, p. 892p, 2002.

GRIFFIN, D. H. Fungal Physiology. **New York: Wiley-Liss**, n. 2 ed, 1994.

GUNN, B. F.; BAUDOUIN, L.; OLSEN, K. M. Independent Origins of Cultivated Coconut (*Cocos nucifera* L .) in the Old World Tropics. v. 6, n. 6, 2011.

HALIM, H. H. et al. Ergogenic Attributes of Young and Mature Coconut (*Cocos nucifera* L .) Water Based on Physical Properties , Sugars and Electrolytes Contents Ergogenic Attributes of Young and Mature Coconut (*Cocos*. **International Journal of Food Properties**, v. 21, n. 01, p. 2378–2389, 2018.

HUANG, X.; LIAO, X.; SHI, B. Hg(II) removal from aqueous solution by bayberry tannin-immobilized collagen fiber. **Journal of Hazardous Materials**, v. 170, n. 2–3, p. 1141–1148, 2009.

HUSSEIN, S. A. Utilization of Tannins Extract of *Acacia seyal* Bark (Taleh) in Tannage of Leather. **Journal of Chemical Engineering & Process Technology**, v. 08, n. 03, 2017.

JENNINGS, D. H. **The Physiology of Fungal Nutrition. The Quarterly Review of Biology**, 2004.

JOHARI, K. et al. International Biodeterioration & Biodegradation Adsorption enhancement of elemental mercury by various surface modified coconut husk as eco-friendly low-cost adsorbents. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 109, p. 45–52, 2016.

KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000.

LEBRUN, P. et al. Genetic diversity in coconut (*Cocos nucifera* L .) revealed by restriction fragment length polymorphism (RFLP) markers. p. 103–104, 1998.

LEE, J. W.; THOMAS, L. C.; SCHMIDT, S. J. Can the thermodynamic melting

temperature of sucrose, glucose, and fructose be measured using rapid-scanning differential scanning calorimetry (DSC)? **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 7, p. 3306–3310, 2011.

LEI, J. et al. Novel collagen waste derived Mn-doped nitrogen-containing carbon for supercapacitors. **Electrochimica Acta**, v. 285, p. 292–300, 2018.

LEITÃO, R. C. et al. Tratamento Biológico do Líquido da Casca do Coco-Verde. n. December, 2010.

LIMA, U. A. et al. **Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos**, v. 3. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 2001.

MAGDZIARZ, A.; WERLE, S. Analysis of the combustion and pyrolysis of dried sewage sludge by TGA and MS. **Waste Management**, v. 34, n. 1, p. 174–179, 2014.

MANGINOT, C.; ROUSTAN, J. L.; SABLAYROLLES, J. M. Nitrogen demand of different yeast strains during alcoholic fermentation. Importance of the stationary phase. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 23, n. 7–8, p. 511–517, 1998.

MANYUCHI, M. M.; MBOHWA, C.; MUZENDA, E. Potential to use municipal waste bio char in wastewater treatment for nutrients recovery. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 107, n. May, p. 92–95, 2018.

MATTOS, A. L. A. et al. Beneficiamento da casca de coco verde. **Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical**, p. 1–38, 2011.

NASCIMENTO, R. F. DO et al. Avaliação do tratamento térmico na composição química e na qualidade da cajuína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 217–221, 2003.

NUCÉ DE LAMOTHE, M. Melhoria do Coqueiro. **Montpellier: IRHO**, p. Relatório da Missão Realizada nas plantações da Em, 1983.

OLIVEIRA, R. A. DE; FORESTI, E. Balanço de massa de reatores anaeróbicos de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) tratando águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 3, p. 807–820, dez. 2004.

PIMENTEL, S. M. et al. Uso Sustentável Da Fibra E Pó Do Coco : Uma Alternativa Ao Desperdício. n. 1, 2003.

ROSA, M. DE F. et al. Characterization of Green Coconut Peel Powder Used as Agricultural Substrate. **Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza**, v. 54, p. 1–6, 2001.

SAMPAIO, G. M. M. S. et al. Pós-Tratamento De Efluente De Um Reator Uasb Através De Um Reator Biológico Com Fungos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 9, p. 73–81, 2004.

SANTOS, E. M. A. et al. Influência do tempo de detenção hidráulica em um sistema USAB seguido de um reator biológico com fungos para tratar efluentes de indústria de castanha de caju. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 39–45, 2006.

SARRO, F. B.; CROCOMO, W. B.; FERREIRA, J. M. S. Aspectos da biologia e morfologia da broca do pedúnculo floral do coqueiro, *Homalinotus coriaceus* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 1, p. 7–12, 2005.

SEGURA-GARCÍA, L. E. et al. Fermentative capacity of *Saccharomyces* and non-*Saccharomyces* in agave juice and semi-synthetic medium. **LWT - Food Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. 284–291, 2015.

SHAKOURY-ELIZEH, M. et al. Metabolic Response to Iron Deficiency in *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal of Biological Chemistry**, v. 285, n. 19, p. 14823–14833, 2010.

SILVEIRA, V.; ARAGÃO, T. R. DE P. Viabilidade financeira de instalação de uma unidade de beneficiamento de cascas de coco verde. **Revista iPecege**, v. 2, n. 3, p. 72, 2016.

SUN, X. et al. Adsorptive removal of Cu(II) from aqueous solutions using collagen-tannin resin. **Journal of Hazardous Materials**, v. 186, n. 2–3, p. 1058–1063, 2011.

TEIXEIRA, R. B. Fermentação alcoólica utilizando líquido da casca de coco verde como fonte de nutrientes. 2007. 113 f. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Regionais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, N. 2007.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 91, n. 5, p. 503–527, 2003.

THAKUR, C.; SRIVASTAVA, V. C.; MALL, I. D. Electrochemical treatment of a distillery wastewater: Parametric and residue disposal study. **Chemical Engineering Journal**, v. 148, n. 2–3, p. 496–505, 2009.

TUOMELA, M. et al. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. v. 72, p. 169–183, 2000.

VIRGINIA, M.; VIEIRA, P.; THOMAZINI, D. Polypropylene Matrix Composites Reinforced with Coconut Fibers 2 . Experimental Procedure. n. X, 2011.

WALKER, G. M.; WALKER, R. S. K. **Enhancing Yeast Alcoholic Fermentations**. [s.l.] Elsevier Ltd, 2018. v. 105

WANG, W.; CHOUW, N. Experimental and theoretical studies of flax FRP strengthened coconut fibre reinforced concrete slabs under impact loadings. **Construction and Building Materials**, v. 171, p. 546–557, 2018.

XU, Q. et al. Adsorption of Cu (II), Pb (II) and Cr (VI) from aqueous solutions using

black wattle tannin-immobilized nanocellulose. **Journal of Hazardous Materials**, v. 339, p. 91–99, 2017.

YANG, S. et al. Building polyphenol and gelatin films as implant coating, evaluating from in vitro and in vivo performances. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 181, n. February, p. 549–560, 2019.

ZUCCARI, M. L.; GRANER, C. A. F.; LEOPOLDO, P. R. Determinação Da Demanda Química De Oxigênio (Dqo) Em Águas E Efluentes Por Método Colorimétrico Alternativo. **Energ. Agric., Botucatu**, v. 20, n. 4, p. 69–82, 2005.