



UK - BRASIL INTERNATIONAL

WORKSHOP09 a 13
Setembro
2019

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil

**FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO
URBANO RESILIENTE AO CLIMA***Financing Urban Climate-Resilient Development*International Journal of Environmental Resilience Research and Science (IJERRS)
Revista Internacional Resiliência Ambiental Pesquisa e Ciência
ISSN 2675-3456 – Número 1 – Volume 1 – 2019

AUTOMAÇÃO 4.0 DE ESMAGADORA DE GRÃOS E APLICAÇÃO ENERGÉTICA DE ÓLEO DE CRAMBE

Cristiano Fernando LEWANDOSKI¹
Reginaldo FERREIRA SANTOS¹
Hamom Ventura RODRIGUES¹
Evelyn Tania CARNIATO SILVA¹
Silvana LEWANDOSKI²

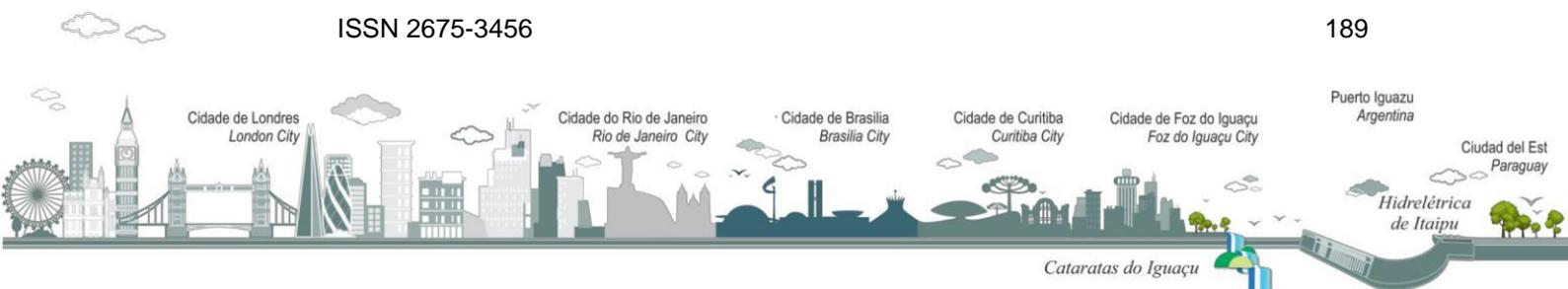
Resumo: A busca pelo aperfeiçoamento tecnológico do setor do agroindustrial com ênfase em matrizes energéticas alternativas, somado ao fato de cumprir uma legislação ambiental ativa, desempenha um processo decisivo como fator de competitividade e sustentabilidade. Esse artigo tem como objetivo o desenvolvimento da automação para indústria 4.0 de uma esmagadora de grãos para extração óleo vegetal, utilizando uma interface homem máquina (IHM) e um controlador lógico programável (CLP) para realização da prensagem de Crambe “*abyssinica Hochst*”. O sistema implementado na máquina substitui as decisões do operador e gerencia as informações vitais do processo para monitoramento e padronização do óleo e do processo. O *software* de controle industrial que permite o comando e a monitorização da máquina em nível de Automação 4.0 contempla um modo de comando manual e vários modos de demonstração de funcionamento, com um grau crescente de automatização, recorrendo aos diversos meios existentes na máquina. Os parâmetros de qualidade do óleo, massa específica, viscosidade, bromatológicas da fibra bruta, lipídios e a umidade da torta de crambe foram maiores com temperatura de extração de 140–150 °C. O rendimento de óleo foi beneficiado pela extração com temperatura de 140–150 °C e rotação de 1800 RPM. O rendimento de óleo aumentou 56% quanto à temperatura passou de 110–120 °C para 140–150 °C e 41% quando a RPM aumentou de 1000 para 1800 RPM. A proteína e o teor de cinzas da torta de crambe diminuíram com o aumento da temperatura e RPM. A fibra bruta, lipídios e a umidade da torta de crambe foram maiores com rotação de 1800 RPM.

Palavras Chave: Crambe abyssinica Hoechst; sementes oleaginosas; Esmagadora de Grãos; Automação 4.0.

Abstract: The pursuit of technological improvement in the agro-industrial sector with an emphasis on alternative energy matrices, in addition to complying with active environmental legislation, plays a decisive process as a factor of competitiveness and sustainability. This paper aims to develop industry automation 4.0 for a vegetable oil extraction grain crusher using a human machine interface (HMI) and a programmable logic controller (PLC) for crimping abyssinica Hochst. The machine-implemented system overrides operator decisions and manages vital process information for oil and process monitoring and standardization.

¹ Departamento de Engenharia de Energia na Agricultura, Universidades Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel, Paraná, Brasil. Email: Cristiano.lewandoski@unioeste.br

² Departamento de Ciências Sociais Direito, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.





UK - BRASIL INTERNATIONAL

WORKSHOP

09 a 13
Setembro
2019

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil

**FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO
URBANO RESILIENTE AO CLIMA**

Financing Urban Climate-Resilient Development



Industrial control software that enables machine control and monitoring at the Automation 4.0 level includes a manual control mode and various operating demonstration modes, with an increasing degree of automation using the various means available on the machine. The parameters of oil quality, specific mass, viscosity, crude fiber bromatological, lipid and crambe cake moisture were higher with extraction temperature of 140–150 ° C. The oil yield was benefited by extraction at a temperature of 140-150 ° C and a rotation of 1800 RPM. Oil yield increased by 56% as temperature increased from 110-120 ° C to 140-150 ° C and 41% when RPM increased from 1000 to 1800 RPM. The protein and ash content of crambe cake decreased with increasing temperature and RPM. Crude fiber, lipids and moisture of crambe cake were higher with rotation of 1800 RPM.

Key Words: abyssinica Hoechst; oil seeds; Grain Crusher; Automation 4.0.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a automação está presente em toda a atividade industrial e agrícola, sendo as máquinas, os elementos chave para o aumento do desempenho produtivo. A necessidade de criar máquinas automatizadas aumenta as exigências feitas, cada vez mais, pela indústria ao nível de flexibilidade, qualidade e produtividade, dependendo do trabalho em execução (JM Rosário, 2009).

A Quarta Revolução Industrial tem como o desenvolvimento de novos produtos, materiais ou processos através da capacidade de integrar a internet aos equipamentos possibilitando as máquinas conversarem com as máquinas tomando decisões programadas (KARGERMANN et al., 2013).

A prensa extrusora estudada já atende muitos pequenos e grandes agricultores que buscam se independem da compra de farelo para alimentação animal. O equipamento tem como característica determinante e exclusiva, a retirada do óleo a frio sem nenhuma composição de produtos químicos ou aquecimento externo dos grãos, eliminando, dessa forma, vários procedimentos que hoje são utilizados pela indústria, possui considerável economia de energia elétrica, sendo o custo para aquisição deste equipamento, menor que os existentes no mercado, o que viabiliza o desenvolvimento sustentável e possibilita a produção do próprio combustível e farelo natural sem agressão ao meio ambiente num sistema ecologicamente correto (FREITAS; NAVES, 2010).

ISSN 2675-3456

190





UK - BRASIL INTERNATIONAL

WORKSHOP

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil

09 a 13
Setembro
2019

**FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO
URBANO RESILIENTE AO CLIMA**

Financing Urban Climate-Resilient Development



A produção comercial de óleos vegetais é baseada em prensagem mecânica e extração. A expressão mecânica do óleo de sementes oleaginosas é um dos métodos mais utilizados na remoção de óleo de oleaginosas (Sriti et al., 2011, 2012; Kartika et al., 2011), altamente eficaz num único passo e no modo contínuo (Evon et al., 2014, 2015). A prensagem mecânica proporciona um meio simples de processar pequenos lotes de sementes. Isso ajuda o estabelecimento comercial dessas novas oleaginosas (Singh et al., 2002).

Os principais parâmetros que atuam no desempenho de uma prensa contínua são a velocidade de rotação da rosca, a contrapressão aplicada na área de descarga e, é claro, para prensas de roscas modulares, a configuração da rosca (Savoire et al., 2013).

Rotação da rosca velocidade em prensagem contínua corresponde à velocidade com que o pistão comprime as sementes na prensagem hidráulica (Savoire et al., 2013). De acordo com o tipo de prensa considerado e ao tipo de matéria-prima utilizado, o aumento da velocidade de rotação da rosca pode levar a aumento do rendimento de óleo (Akinoso et al., 2009) ou diminuir (Evangelista 2009). Kartika et al. (2006) observaram aumento no rendimento de extração de óleo de sunflower como aumento da temperatura do barril e a velocidade de rotação.

A temperatura é um parâmetro que atua de várias maneiras no desempenho de prensas (Savoire et al., 2013). Altas temperaturas de processamento podem causar aumento importante na deformabilidade e a mobilidade da estrutura celular da oleaginosa (Bouvier and Campanella, 2014), sendo benéfico para aumentar a eficiência da extração (Karaj and Müller, 2011). Mesmo que um aquecimento concomitante aumente o rendimento e a capacidade na imprensa, isto é geralmente acompanhado pela diminuição da qualidade do óleo (maiores conteúdos de fosfolipídios) (Savoire et al., 2013).

A Semente de Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) tem 35–45% de óleo, e até 55–60% deste óleo é composto de ácido erúxico, imprópria para consumo humano, mas está ganhando grande espaço em outros campos, como a indústria, na fabricação de óleos, lubrificantes, plásticos e biodiesel. (Bassegio et al., 2016; Costa et al., 2019).

ISSN 2675-3456

191





UK - BRASIL INTERNATIONAL

WORKSHOP

09 a 13
Setembro
2019

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil

**FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO
URBANO RESILIENTE AO CLIMA**

Financing Urban Climate-Resilient Development



A interação dos fatores temperatura e rotação nas propriedades físico-químicas do óleo e bromatológicas de crambe não foram relatados em outros estudos. Jing and Chi (2013) observaram que a temperatura de extrusão e a velocidade do parafuso (RPM) usada tiveram impacto positivo no conteúdo de fibra dietética de farelo de soja. Em relação à torta, não há informação na literatura sobre o valor nutricional e a composição química da torta de crambe em relação à temperatura e RPM.

O objetivo deste estudo foi avaliar o processo de prensagem mecânica de grãos de crambe em diferentes temperaturas e velocidades de rotação em uma prensa mecânica extrusora com automação.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área experimental e matéria prima

O presente estudo foi conduzido no laboratório do CDTER – Centro de Desenvolvimento de Difusão Tecnológico de Energia Renovável, Laboratório da Unioeste, em parceria com a FUNDETEC - Fundação para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Cascavel – PR, Brasil.

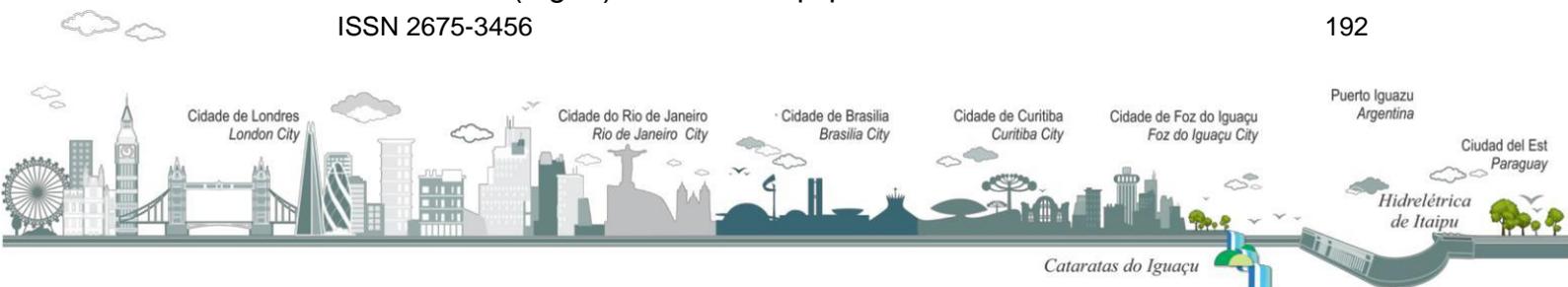
As sementes de crambe foram obtidas do FMS Brilhante. Os grãos de crambe foram fornecidos do IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná localizada em Santa Tereza do Oeste – PR, Brasil.

2.2 Extrusora mecânica Automatizada

Foi utilizado a uma prensa B-7590 de fabricação da empresa Galvão Insumos, com alimentação geral em 220 Vac trifásico, com um motor de 0,5CV para alimentação dos grãos SEW e o motor principal de 7,5CV SEW, com rotação máxima de 1800 rpm. O projeto foi desenvolvido utilizando a última tecnologia de automação 4.0, com um CLP S7-1200 CPU1215C, Uma IHM Touch KTP900, dois inversores modelos G120C todos do fabricante Siemens (Fig. 1). Todos os equipamentos estão em rede Profinet “Internet

ISSN 2675-3456

192





UK - BRASIL INTERNATIONAL

WORKSHOP

09 a 13
Setembro
2019

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil

FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO URBANO RESILIENTE AO CLIMA

Financing Urban Climate-Resilient Development



Industrial” com esse protocolo permite uma rápida comunicação de comandos entre os hardwares da extrusora e outros externos se houver necessidade.

Na medição de temperatura utilizamos sensores tipo PT100 com escala de -100°C até $+400^{\circ}\text{C}$ modelo FSB-RTD-BRA-T60-U23-B03-C15-BF Novus, para converter o sinal elétrico do PT100 para o sinal de 4-20 mA utilizamos um transdutor modelo TxBlock Novus. A variação de velocidade de (RPM) do motor do fuso de extração de óleo foi possível com a instalação de um Inversor de Frequência da marca Siemens modelo G120C. Para o controle e ajuste de rotação e temperatura do experimento usamos uma IHM (Interface Homem Máquina) instalada no equipamento.

2.3 Rotação e Temperatura

O fatorial 4×5 experimental foi empregado para determinar os efeitos desses parâmetros em crambe. O delineamento experimental foi controlado com quatro temperaturas ($110-120^{\circ}\text{C}$, $120-30^{\circ}\text{C}$, $130-140^{\circ}\text{C}$ e $140-50^{\circ}\text{C}$) e cinco velocidades de rotação [1000, 1200, 1400, 1600 e 1800 RPM (Rotação por minuto)].

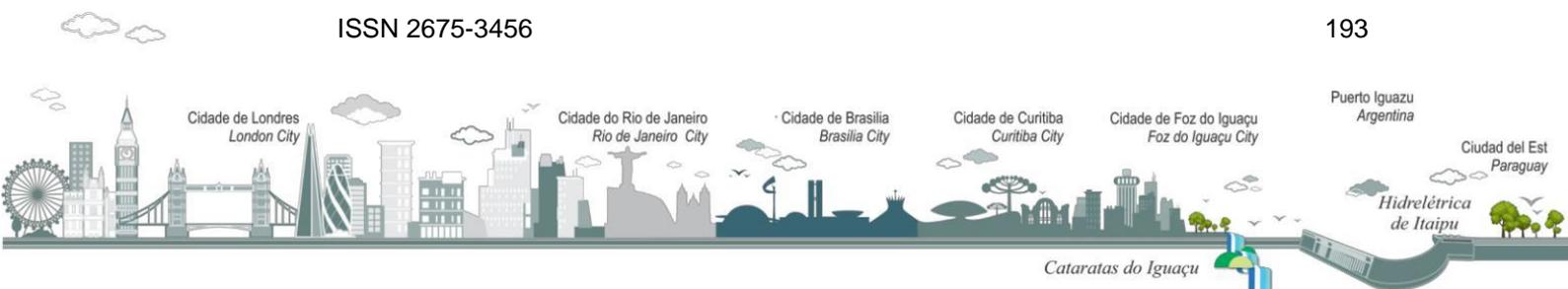
2.4 Métodos Físicos e Químicos de análises

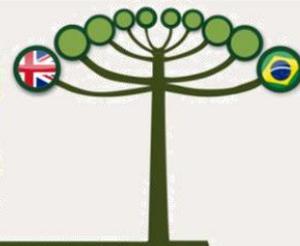
2.4.1 Rendimento do óleo (oil%)

Após a prensagem, o óleo foi deixado em repouso por cinco dias para decantar o resíduo e, em seguida, filtrá-lo em papel. O rendimento do processo de extração foi obtido pela razão entre a massa de sementes que entrou no processo e a massa de óleo obtida após o processo de filtração (Equação 1), conforme recomendação do Instituto Adolfo Lutz. (2008).

ISSN 2675-3456

193





$$Oil\% = \frac{m_1 \cdot 100}{m_2} \quad (1)$$

Onde:

- Óleo(%): rendimento da extração mecânica;
- m1: massa de óleo obtida após filtração;
- m2: massa total de sementes da alimentação do processo.

2.4.2 Massa Específica (ρ)

Uma massa de 1 kg da amostra de sementes de crambe foi pesada num copo de 1000 \pm 10 mL e colocada sob vibração num agitador Bertel durante 5 segundos. Após essa operação, foi lido o volume ocupado e determinada a relação entre massa e volume ocupado (kg m⁻³), conforme a Equação 2.

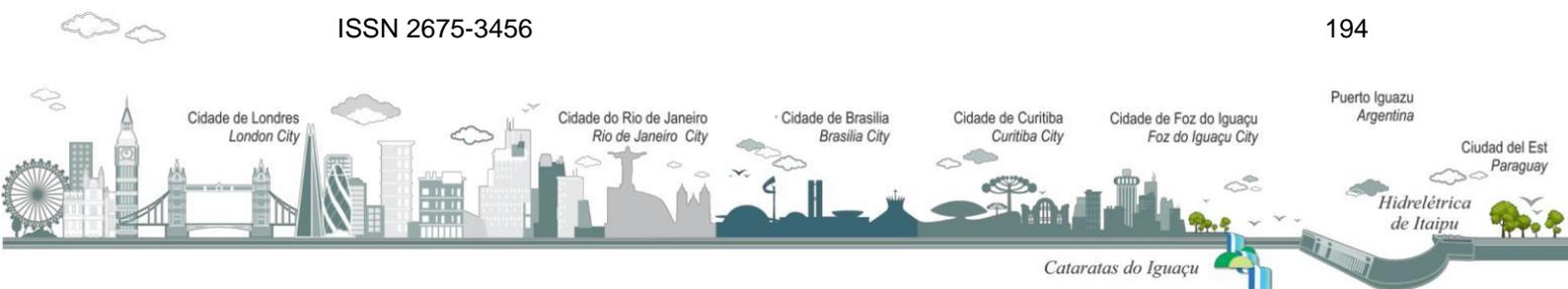
$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2)$$

Onde:

- ρ : a massa específica em g cm⁻³;
- m: a massa da amostra em gramas;
- V: o volume em cm³.

2.4.3 Viscosidade em 40 (°C)

Um viscosímetro Brookfield foi usado (LVDV-III+ modelo). O viscosímetro foi acoplado a um banho termostático, permitindo a medição da viscosidade dos óleos na faixa de 40 ° C, com precisão na temperatura de 0.5°C.





2.5 Métodos Bromatológicos de Análise

2.5.1 Fibra bruta (CF%)

Pesou-se uma massa de 2 gramas da amostra e procedeu-se extração contínua num dispositivo Soxhlet, utilizando éter como solvente. Em seguida, foi filtrado e aquecido em estufa, seguido de pesagem e repetição das operações de aquecimento e resfriamento até peso constante, conforme Equação 6.

$$CF\% = \frac{100 \cdot N}{P} \quad (3)$$

Onde:

- N: número de gramas na fibra;
- P: número de gramas na amostra.

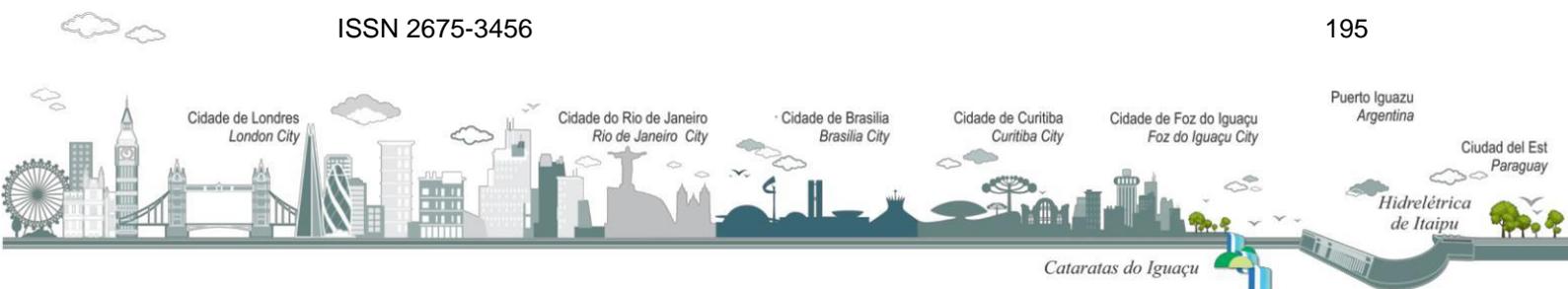
2.5.2 Lipídios (L%)

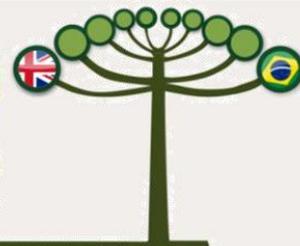
Pesou-se uma massa de 2-5 g da amostra em papel de filtro e fixou-se utilizando fio de lã pré-desengordurado. O aquecimento foi mantido e a extração foi continuada durante 8 (4-5 gotas por segundo) ou 16 horas (2-3 gotas por segundo). Foi então colocado em um dessecador à temperatura ambiente, representado pela Equação 7.

$$L\% = \frac{100 \cdot N}{P} \quad (4)$$

Onde:

- N: número de gramas nos lipídios;
- P: o número de gramas na amostra.





2.5.3 Proteína (P%)

A matéria orgânica foi decomposta e o nitrogênio existente foi transformado em amônia. Como o teor de nitrogênio das diferentes proteínas foi de aproximadamente 16%, o fator empírico 6,25 foi introduzido para transformar o número de gramas do nitrogênio encontrado no número de gramas das proteínas, como representado pela Equação 8.

$$P\% = \frac{V \cdot 0.14 \cdot f}{P} \quad (5)$$

Onde:

- V: diferença entre o mL of 0.05 M ácido sulfúrico e o número de mL do 0.1 M hidróxido de sódio gasto na titulação;
- P: número de gramas na amostra;
- f: fator de conversão (6.25).

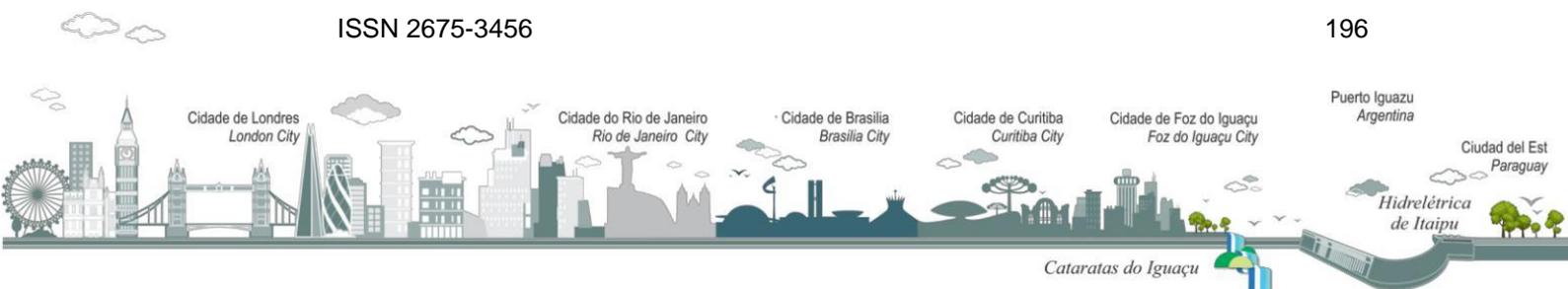
2.5.4 Carboidratos (C%)

Uma massa de 5,0 g da amostra foi pesada numa cápsula de porcelana sucessivamente e o material desengordurado foi transferido para um Erlenmeyer de 500 ml com a ajuda de 100 ml de álcool a 70%, com agitação durante 1 hora e centrifugação e arrefecimento do resíduo com água. Hidróxido de sódio e ácido clorídrico foram aquecidos em autoclave. Na solução resultante, os açúcares redutores foram determinados por titulação pelo método 038 / IV, conforme demonstrado pela Equação 9.

$$C\% = \frac{100 \cdot N}{P} \quad (6)$$

Onde:

- N: número de gramas nas cinzas;
- P: número de gramas na amostra.





2.5.5 Cinza (A%)

O procedimento descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) consistiu em pesar 5-10 g da amostra em uma cápsula pré-aquecida, depois secar em estufa onde as cinzas eram brancas ou levemente acinzentadas, conforme a Equação 10.

$$A = \frac{N \cdot 100}{P} \quad (7)$$

Onde:

- N: número de gramas nas cinzas;
- P: número de gramas na amostra.

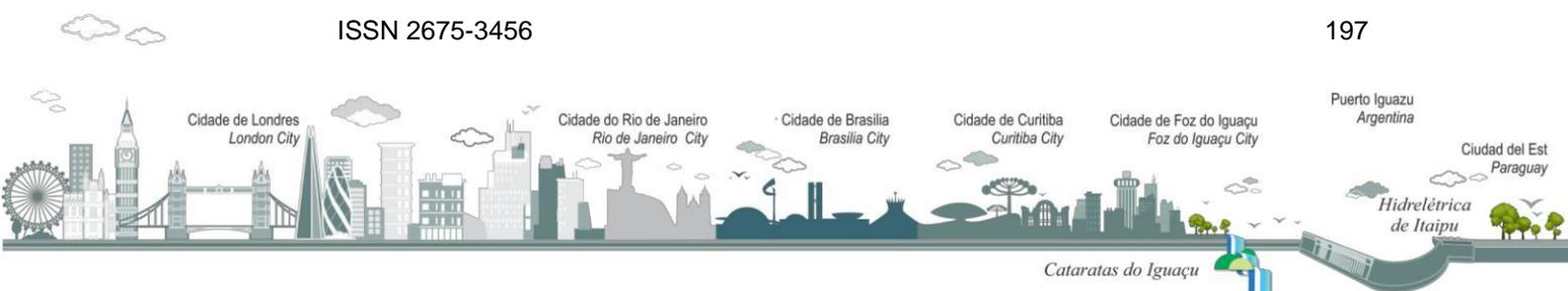
2.5.6 Umidade da Torta (M%)

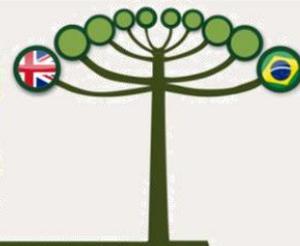
Primeiro, a placa de pesagem e a tampa foram pesadas em balança analítica. Aproximadamente 5 gramas da amostra de sementes de crambe foram colocados para análise na placa de pesagem. A placa foi fechada com a tampa e pesada em uma escala de precisão de até um miligrama. A placa e a tampa (com a tampa removida) foram colocadas em um forno com circulação e renovação de ar (modelo MA 035-MARCONI) previamente mantido a $105 \pm 2^\circ \text{C}$ por 3 horas. Este conjunto foi colocado em dessecador até a temperatura ambiente, conforme a Equação 11.

$$M(\%) = \frac{100 \cdot N}{P} \quad (8)$$

Onde:

- M (%): Umidade;
- N: número de gramas na umidade (perda de massa em g);
- P: número de gramas na amostra.





2.6 Análises Estatísticas

A análise estatística foi baseada na análise de variância. Temperaturas e RPM foram ajustados em regressão a 5% ($P < 0,05$) de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico SISVAR 5.6 (Ferreira, 2011).

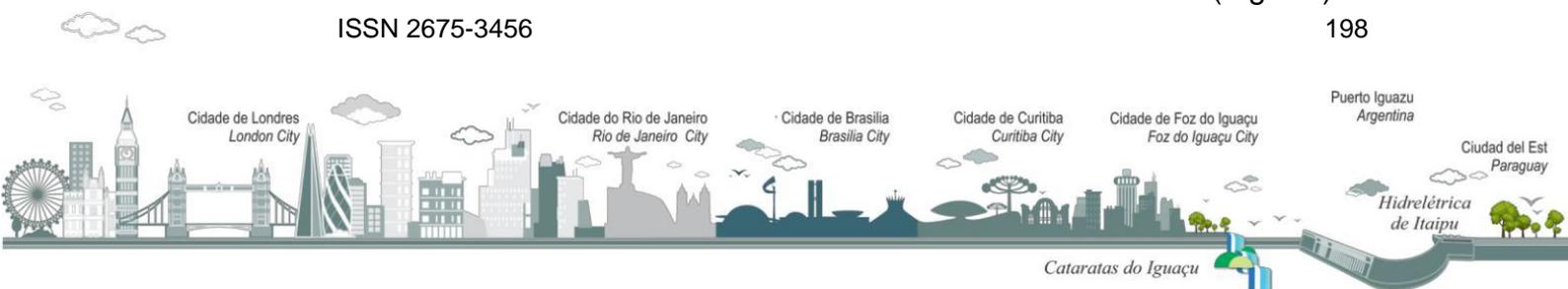
3. RESULTADOS

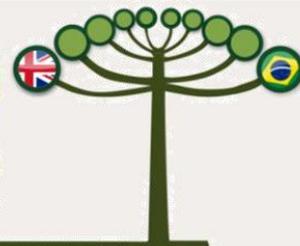
3.1 Propriedades físico-químicas

A massa específica do óleo de crambe foi afetada pela RPM da prensa na extração ($P < 0,05$) (Table 1). Foi observado aumento linear na massa específica do óleo de crambe de 0.8320 para 0.8349 g cm⁻³ quando a rotação da prensa passou de 1000 para 1800 RPM, respectivamente (Fig. 3).

A viscosidade do óleo de crambe aumentou significativamente ($P < 0,05$) de 49.72 para 50.98 mm² s⁻¹ com o aumento da temperatura de 110–120°C para 140–150°C na extração, respectivamente (Fig. 4A). Aumento da RPM de 1000 para 1800 RPM aumentou a viscosidade do óleo de 49.52 para 50.63 mm² s⁻¹, respectivamente (Fig. 4B).

A interação temperatura x RPM afetou significativamente ($P = 0.01$) o rendimento de óleo de crambe (Table 1). Temperaturas e RPM crescentes aumentaram o rendimento de óleo de crambe (Fig. 5A). Em 1600 e 1800 RPM o rendimento de óleo foram semelhantes, independentemente da temperatura de extração. Extração em 1600 e 1800 RPM resultaram em maior rendimento em comparação com 1100 e 1200 RPM. Em baixa rotação (1000 RPM) extrações com temperaturas de 120–130°C, 130–140°C e 140–150°C foram semelhantes. Em alta rotação (1800 RPM) as temperaturas 120–130°C, 130–140°C e 140–150°C diferiram entre si, com destaque para temperatura de 140–150°C com maior rendimento de óleo (19.5%). Em rotação de 1800 RPM e temperaturas de 110–120°C e 120–130°C os rendimentos de óleo foram semelhantes (Fig. 5B).





3.2 Propriedades Bromatológicas

A interação temperatura \times RPM afetou significativamente ($P < 0.05$) o teor de carboidratos na torta de crambe (Table 1). Temperaturas crescentes e RPM diminuíram o teor de carboidratos da torta de crambe (Fig. 6A). Em alta rotação (1800 RPM) e alta temperatura (140–150 °C) o teor de carboidratos foi significativamente menor (40.8%) (Fig. 6B). Com extração em temperatura de 110–120 °C para 120–130 °C, independentemente da rotação, os teores de carboidratos foram semelhantes (Fig. 6A).

A fibra bruta da torta de crambe foi influenciada pelas temperaturas e RPM ($P < 0.05$) (Table 1). A fibra bruta da torta de crambe aumentou significativamente de 4.41 para 3.30% com o aumento da temperatura de 110–120 °C para 140–150 °C na extração, respectivamente (Fig. 7A). Aumento da RPM de 1000 para 1800 RPM também aumentou a fibra bruta da torta de crambe de 4.07 para 3.79%, respectivamente (Fig. 7B).

A proteína da torta de crambe foi afetada pelas temperaturas e RPM ($P < 0.05$) (Table 1). A proteína da torta de crambe diminuiu significativamente de 26.45 para 24.55% com o aumento da temperatura de 110–120 °C para 140–150 °C na extração, respectivamente (Fig. 7C). Aumento da RPM de 1000 para 1800 RPM diminuiu a proteína da torta de crambe de 25.57 para 25.14%, respectivamente (Fig. 7D).

Os lipídios da torta de crambe foram influenciados pelas temperaturas e RPM ($P < 0.05$) (Table 1). Os lipídios da torta de crambe aumentaram significativamente de 18.15 para 18.71% com o aumento da temperatura de 110–120 °C para 140–150 °C na extração, respectivamente (Fig. 7D). Aumento da RPM de 1000 para 1800 RPM aumentou a fibra bruta da torta de crambe de 18.32 para 18.47%, respectivamente (Fig. 7E).

O teor de cinzas da torta de crambe foi afetado pelas temperaturas e RPM ($P < 0,05$) (Table 1). O teor de cinzas da torta de crambe aumentou significativamente de 6.41 para 7.49% com o aumento da temperatura de 110–120 °C para 140–150 °C na extração, respectivamente (Fig. 8A). Aumento da RPM de 1000 para 1800 RPM aumentou o teor de cinzas da torta de crambe de 6.84 para 7.09%, respectivamente (Fig. 8B).





UK - BRASIL INTERNATIONAL

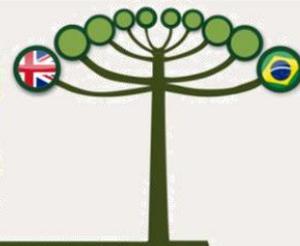
WORKSHOP

FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO
URBANO RESILIENTE AO CLIMA

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil

09 a 13
Setembro
2019

Financing Urban Climate-Resilient Development



A umidade da torta de crambe foi afetada pelas temperaturas e RPM ($P < 0,05$) (Table 1). A umidade da torta de crambe aumentou significativamente de 4.41 para 6.16% com o aumento da temperatura de 110–120 °C para 140–150 °C na extração, respectivamente (Fig. 8C). Aumento da RPM de 1000 para 1800 RPM aumentou a umidade da torta de crambe de 5.11 para 5.58%, respectivamente (Fig. 8D).

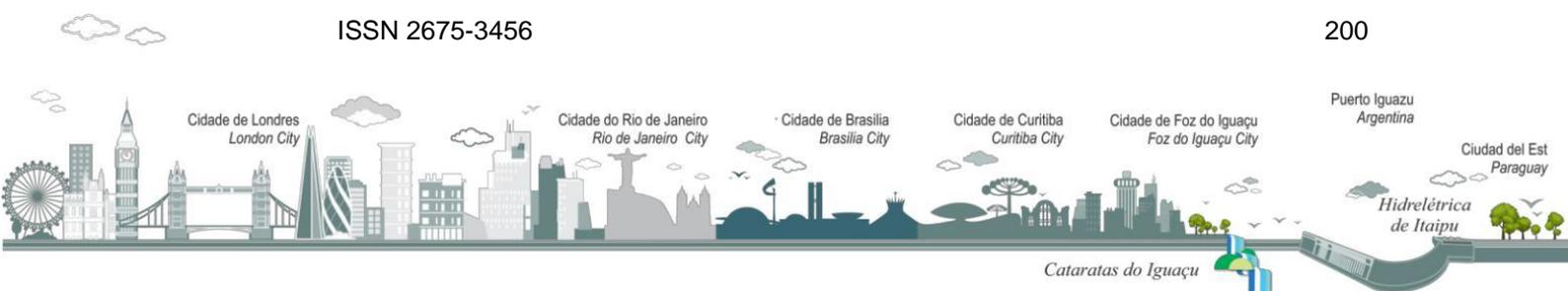
4. DISCUSSÃO

4.1 Propriedades físico-químicas

As propriedades do óleo de crambe foram influenciadas pela extração em diferentes temperaturas e RPM. A massa específica do óleo de crambe sofreu sensível variação em função dos tratamentos, com ligeiro aumento com aumento da RPM (Fig. 3A). Evon et al. (2013) também observaram pequena variação de 0.910 a 0.917 g m⁻³ para massa específica de óleo de pinhão manso em função de temperaturas. Sriti et al. (2012) não observaram efeito na qualidade do óleo de coentro com diferentes configurações em uma prensa.

A viscosidade do óleo de crambe aumentou em função do aumento da temperatura (Fig. 4A). O impacto da temperatura de prensagem no desempenho do processo de prensagem por extrusão consiste em vários aspectos diferentes. Aumento na temperatura leva a uma diminuição na viscosidade do óleo e à coagulação da fração proteica das sementes, que aumentam a capacidade de expressão do óleo e facilitam sua liberação através da matriz fibrosa (Dufaure et al., 1999).

Os resultados do estudo demonstraram que a temperatura foi favorável para a extração de óleo de crambe. O rendimento de óleo de crambe aumentou 56% quanto a temperatura passou de 110–120 °C para 140–150 °C. A temperatura pode favorecer a extração, pois, desnatura lipoproteínas e reduz a viscosidade, favorecendo a





UK - BRASIL INTERNATIONAL

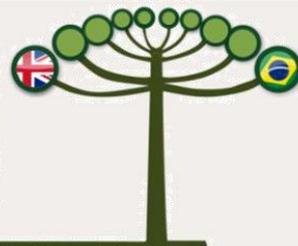
WORKSHOP

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil

09 a 13
Setembro
2019

**FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO
URBANO RESILIENTE AO CLIMA**

Financing Urban Climate-Resilient Development



coalescência dos glóbulos de gordura e posterior saída do interior da célula vegetal (Wiesenborn et al., 2002), como observado no presente estudo para o crambe.

Altas temperaturas de processamento podem aproximar a temperatura de transição vítrea do material do bolo, causando um aumento importante na deformabilidade e a mobilidade da estrutura celular, por sua vez levando a uma extração de óleo maior (Bouvier e Campanella, 2014). O impacto positivo das altas temperaturas foi observado na prensagem de sementes de girassol, onde uma eficiência de extração de óleo de 70% foi obtida com temperatura de 120 °C em relação a 66% a uma temperatura de 80 °C (Dufaure et al., 1999).

Na prensagem mecânica de óleo de pinhão-mansão através de extrusora de duplo parafuso, Evon et al. (2013) observaram que o rendimento diminuiu com o aumento da temperatura, de 56, 41 e 46% para temperatura de 80, 100 e 120 °C. Kartika et al. (2005) observaram aumento no rendimento da extração de óleo de girassol foi observado como a temperatura do barril e velocidade de rotação. Para velocidade de rotação do parafuso de 150 RPM, aumentar a temperatura de prensagem de 80 para 120 °C não melhorou a eficiência de extração do óleo de jatropha (Evon et al., 2013).

O rendimento de óleo de aumentou 38% quando a RPM passou de 1000 para 1800 RPM para (Fig. 5B and 3C). Geralmente, a velocidade de rotação do parafuso afeta o rendimento da extração de óleo. O aumento da velocidade de rotação do parafuso resulta em maior preenchimento da rosca, e o tempo de prensagem na zona de prensagem termomecânica é aumentado (Kartika et al., 2010).

4.2 Propriedades Bromatológicas

As propriedades bromatológicas da torta de crambe foram influenciadas pela extração em diferentes temperaturas e RPM (Table 1). Para que o processo de extrusão seja economicamente viável, é de importância fundamental que os subprodutos da extração como a torta tenha aplicações industriais (Uitterhaegen et al., 2015). A torta de





UK - BRASIL INTERNATIONAL

WORKSHOP

09 a 13
Setembro
2019

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil

**FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO
URBANO RESILIENTE AO CLIMA**

Financing Urban Climate-Resilient Development



crambe em pequenas quantidades pode ser utilizada para alimentação animal, para substituição parcial de proteína do farelo de soja. O uso de torta de crambe em ração animal é uma importante estratégia para alocação de resíduos de crambe, com potencial para agregar valor à agropecuária e promover a sustentabilidade da cadeia produtiva (Bassegio et al., 2016).

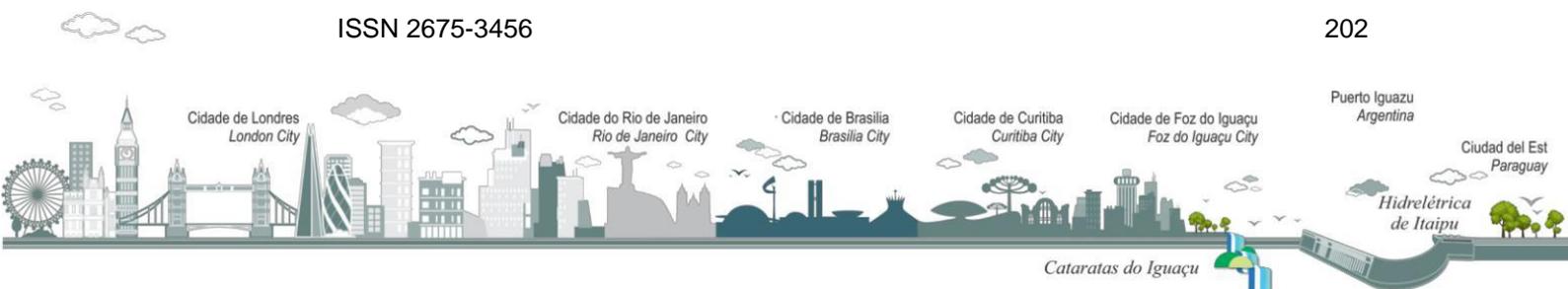
A fibra bruta da torta de crambe aumentou em 33% com o aumento da temperatura na extração de 110–120 °C para 140–150 °C. A temperatura é um dos fatores que afetam a eficácia da experiência de extrusão. O teor de fibra dietética de soja aumentou com o aumento da temperatura de extrusão até 110 °C (Jing and Chi, 2013).

Os lipídios da torta de crambe aumentaram ligeiramente em função da temperatura e RPM. A temperatura alta induz a maior fluidez do óleo, quebra das paredes de células adiposas adicionais e coagulação da fração proteica da semente (Karleskind, 1996); gotículas lipídicas são liberadas facilmente através da matriz fibrosa em direção à superfície da matéria, o que aumenta o teor de óleo residual da farinha de bolo devido à redução da plasticidade da semente (Wiesenborn et al., 2001). Os valores de lipídios variaram de 18.15 a 18.47%, próximos ao valor de 18.40 % encontrado por Carrera et al. (2012) para torta de crambe. O teor de proteína variou de 24.55 a 25.56% (Fig. 6C e D), similar ao valor de 24.2% observado por Mendonça et al. (2015) para torta de crambe.

O teor de carboidratos da torta de crambe diminuiu 5% quando a temperatura passou de 110–120 °C para 140–150 °C (Fig. 7A). O teor de cinzas da torta aumentou com o aumento da temperatura e RPM, com aumento de 16% quando a temperatura passou de 110–120 °C para 140–150 °C (Fig. 9A). O teor de cinzas e a umidade aumentaram ligeiramente em 3 e 9% na torta de crambe com aumento da rotação para 1800 RPM na extração, respectivamente (Fig. 9C e 9B).

ISSN 2675-3456

202





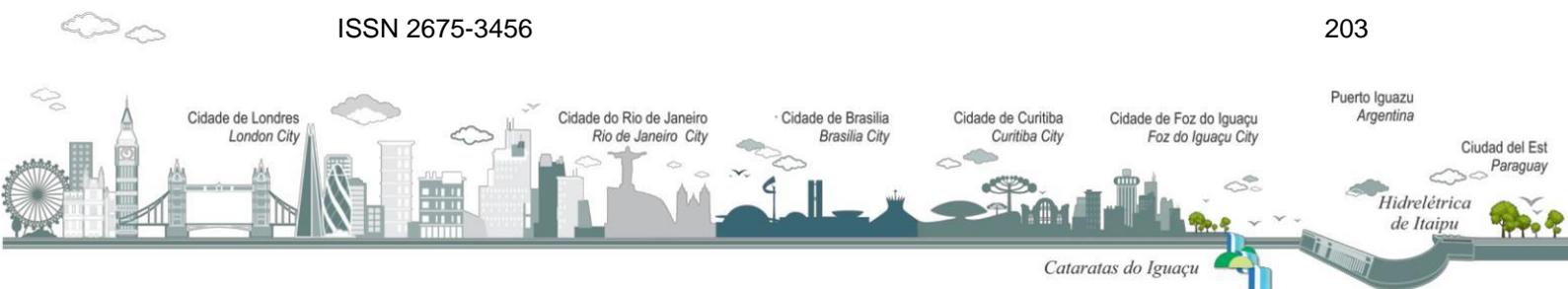
5. Conclusão

As propriedades físico-químicas do óleo e bromatológicas da torta crambe são afetadas pelas extrações em diferentes temperaturas e rotação da extrusora. Os parâmetros de qualidade do óleo massa específica e viscosidade e os bromatológicos fibra bruta, lipídios, cinza e umidade da torta de crambe foram maiores com temperatura de extração de 140–150 °C. O rendimento de óleo foi beneficiado pela extração com temperatura de 140–150 °C e rotação de 1800 RPM. O rendimento de óleo aumentou 56% quanto a temperatura passou de 110–120 °C para 140–150 °C e 41% quando a RPM aumentou de 1000 para 1800 RPM. A proteína e carboidratos da torta de crambe diminuíram com o aumento da temperatura e RPM.

6. Figuras e Tabelas

Table 1. [Physico-chemical and](#) bromatological properties [of oil](#) on different temperatures and RPM in the extraction of crambe oil.

Sources of variation	Specific mass (g cm ⁻³)	Viscosity (mm ² s ⁻¹) 40°C	Oil yield %	Carbohydrates	Protein	Lipids	Crude fiber	Ash	Cake moisture
Temperature (°C)									
110 – 120	0.8260	49.72	10.7	43.41	26.45	18.15	3.30	6.41	4.41
120 – 130	0.8334	50.02	13.0	43.04	25.56	18.29	3.84	6.70	5.22
130 – 140	0.8338	50.04	15.1	42.49	24.89	18.46	4.23	7.22	5.62
140 – 150	0.8433	50.98	16.8	41.38	24.55	18.71	4.41	7.49	6.16
RPM (min ⁻¹)									
1000	0.8320	49.52	11.4	42.90	25.57	18.32	3.79	6.84	5.11
1200	0.8341	50.07	12.9	42.77	25.48	18.37	3.86	6.90	5.25
1400	0.8343	50.30	14.3	42.64	25.40	18.39	4.00	6.96	5.36





UK - BRASIL INTERNATIONAL

WORKSHOP

09 a 13
Setembro
2019

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil

FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO URBANO RESILIENTE AO CLIMA

Financing Urban Climate-Resilient Development

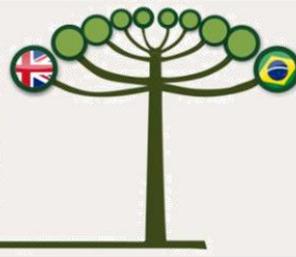


Fig. 2. Schematic of extruder used.

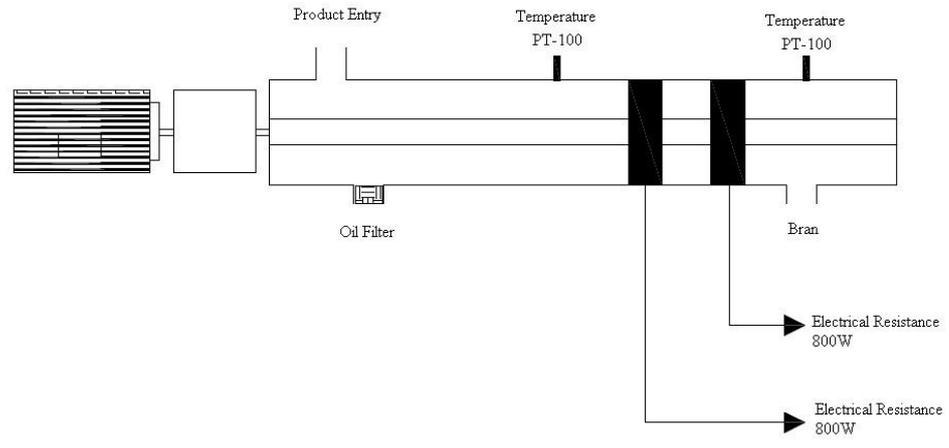
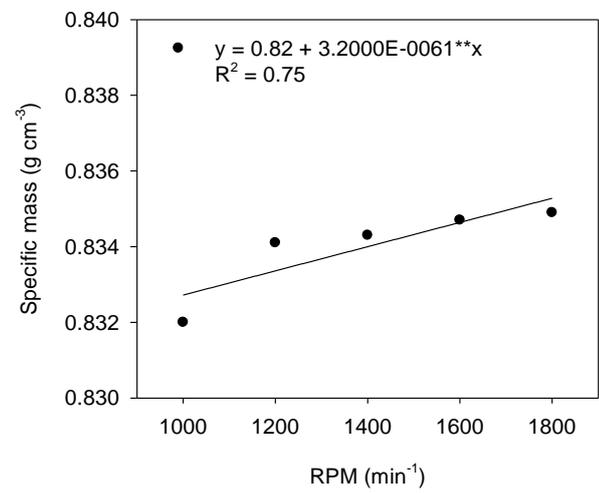
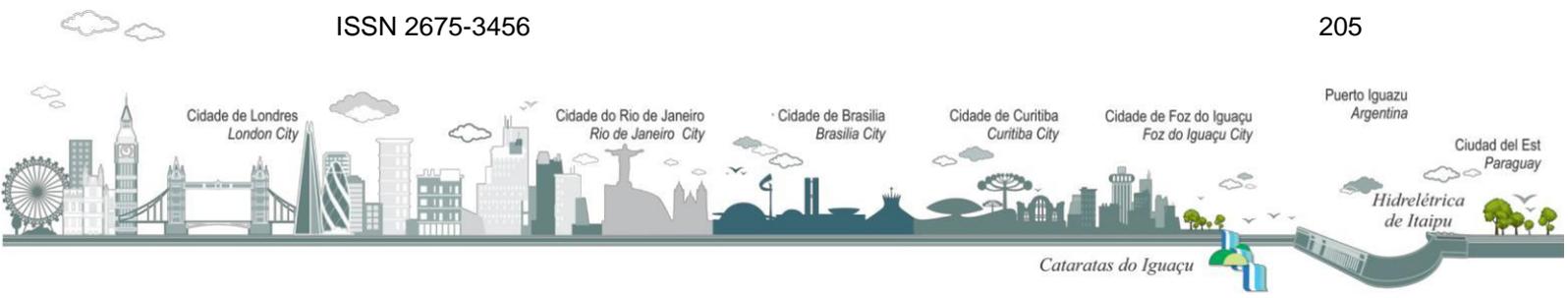


Fig. 3. Specific mass on different RPM in the extraction of crambe oil. ** Significant at $P < 0.01$ probability.



ISSN 2675-3456

205



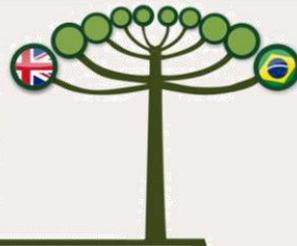


Fig. 4. Viscosity at 40 °C on different temperatures (A) and RPM (B) in the extraction of crambe oil. ** Significant at $P < 0.01$ probability.

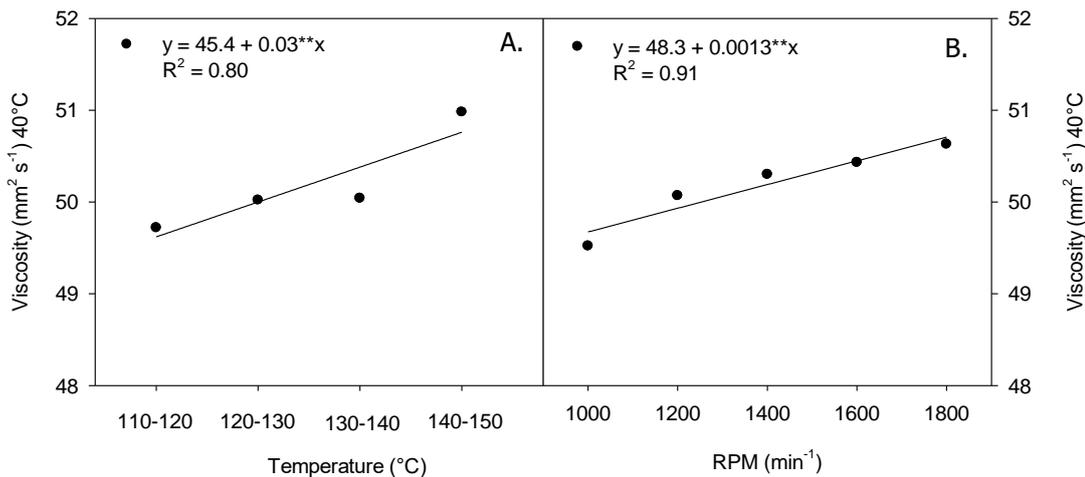
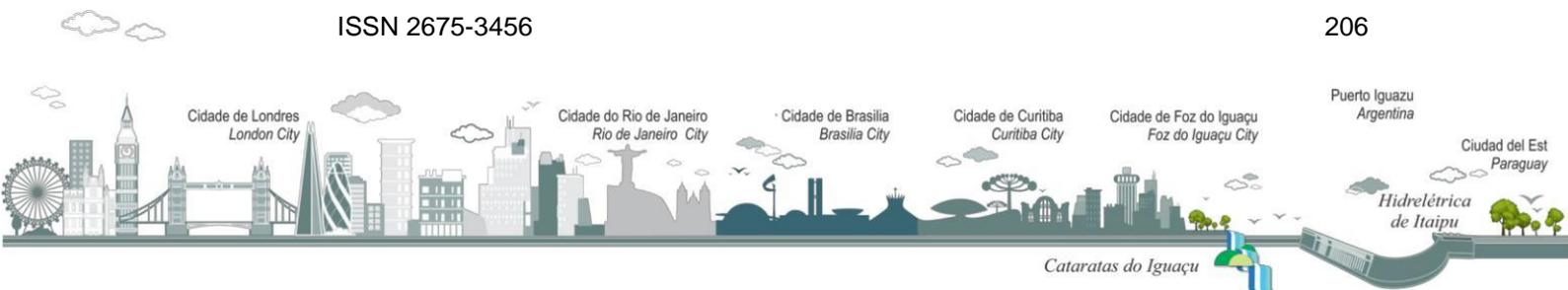
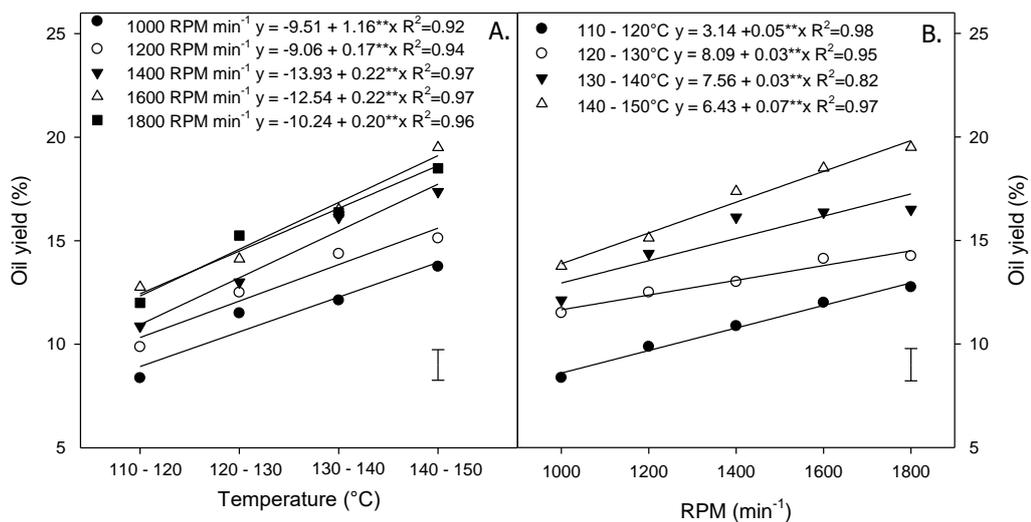


Fig. 5. Interaction between temperatures (A) and RPM (B) for oil yield in the extraction of crambe oil. ** Significant at $P < 0.01$ probability. Bars indicate least significant difference (LSD) by Tukey test at $P < 0.05$ probability.





UK - BRASIL INTERNATIONAL

WORKSHOP

09 a 13
Setembro
2019

Foz do Iguazu | Paraná | Brasil

FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO URBANO RESILIENTE AO CLIMA

Financing Urban Climate-Resilient Development

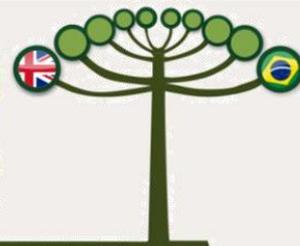


Fig. 6. Interaction between temperatures (A) and RPM (B) for oil carbohydrates in the extraction of crambe oil. ** Significant at $P < 0.01$ probability. Bars indicate least significant difference (LSD) by Tukey test at $P < 0.05$ probability.

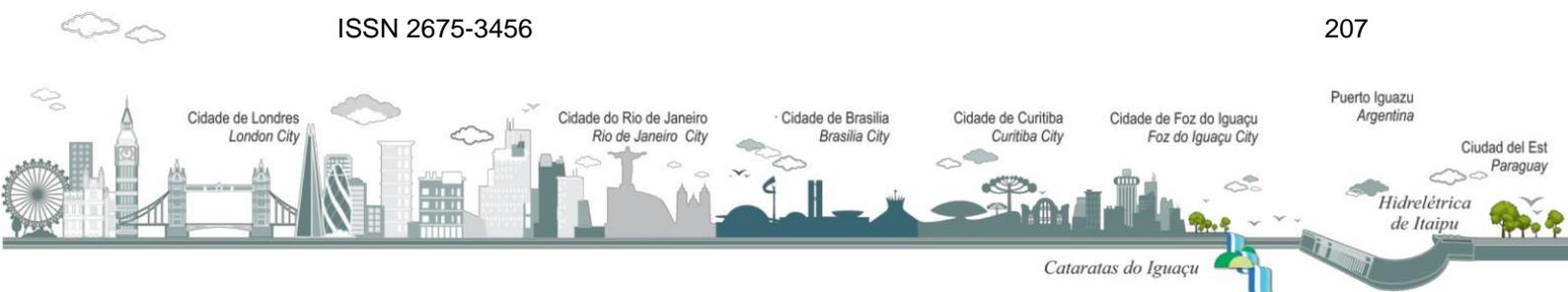
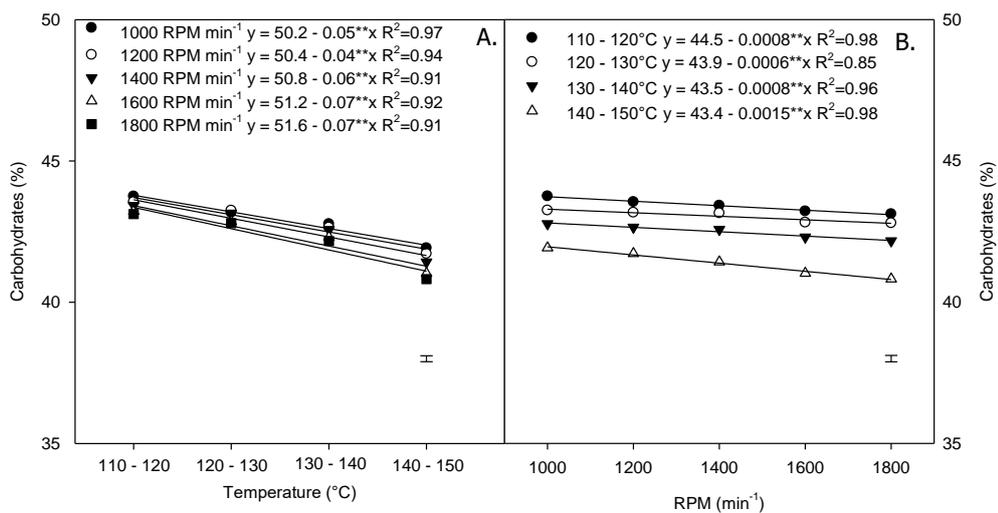
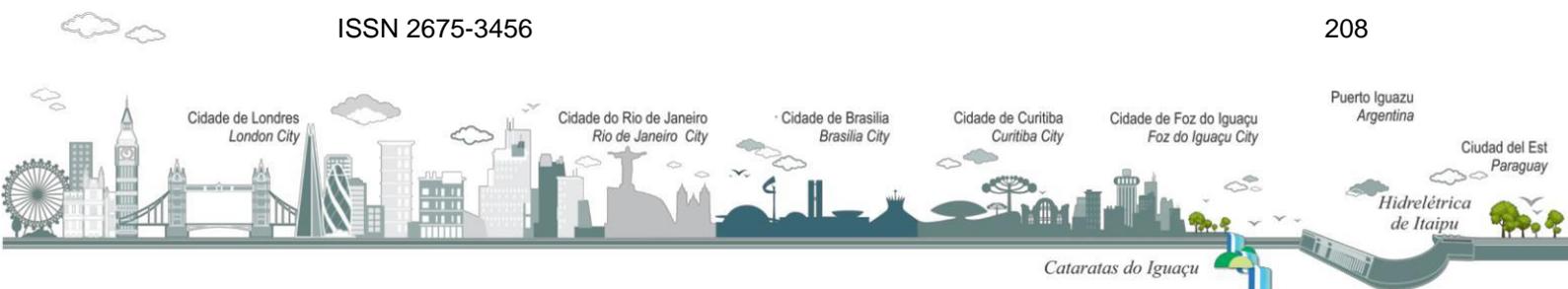
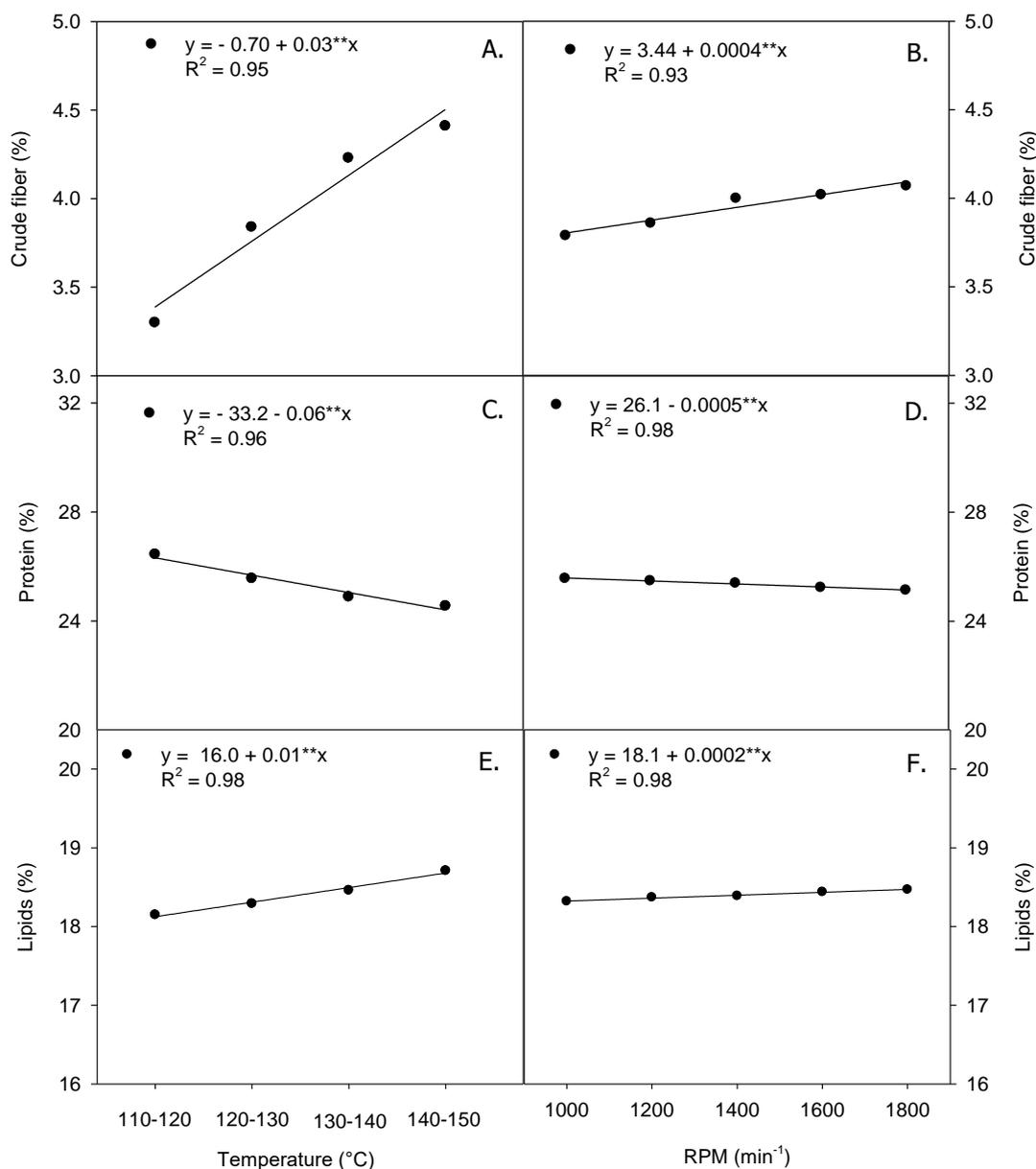




Fig. 7. Crude fiber (A and B), protein (C and D) and lipids (E and F) on different temperatures and RPM in the extraction of crambe oil. ** Significant at $P < 0.01$ probability.



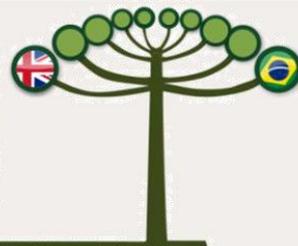
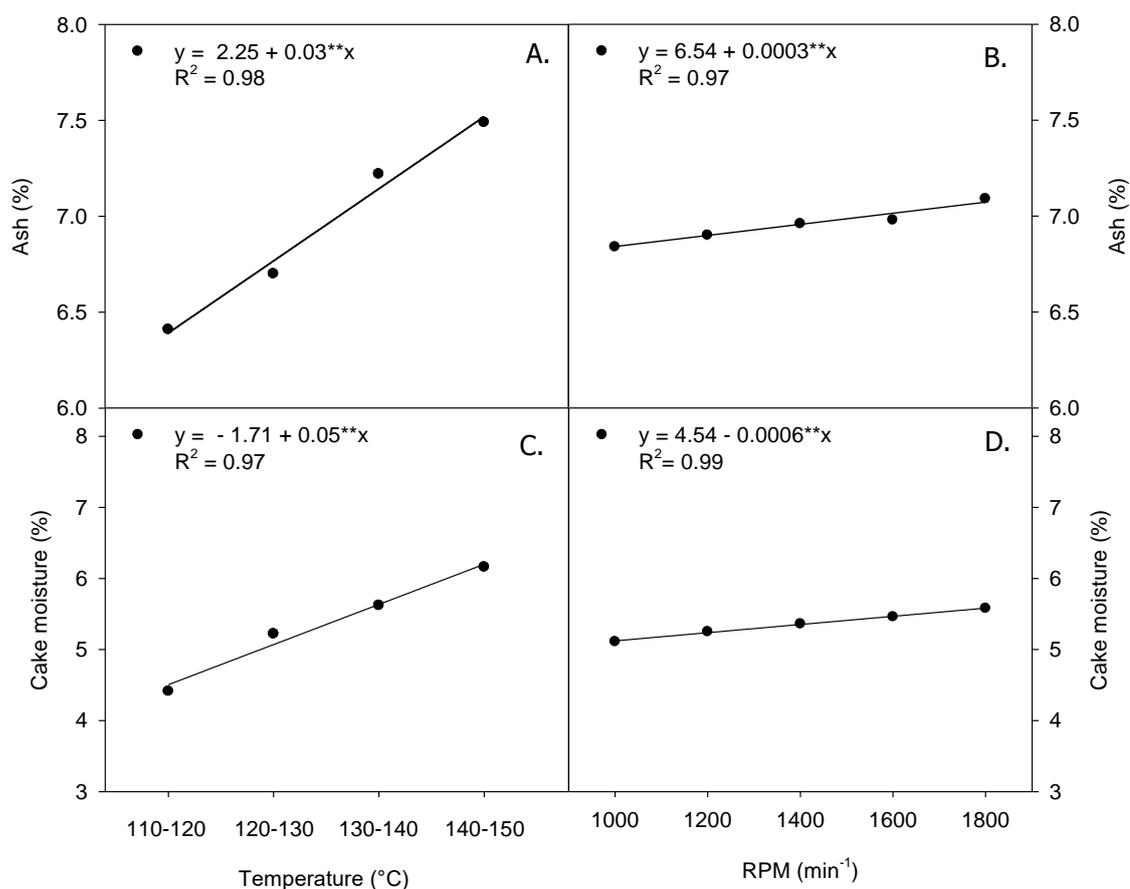
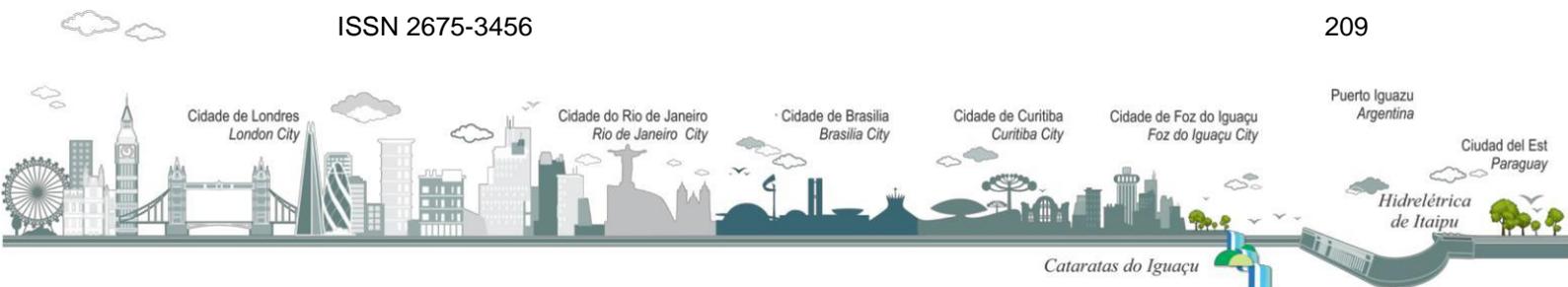


Fig. 8. Ash (A and B) and cake moisture (C and D) on different temperatures and RPM in the extraction of crambe oil. ** Significant at $P < 0.01$ probability.



7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Novos estudos futuro desta temática, novas pesquisas com outras culturas oleaginosas usando as mesmas configurações serão possíveis novos resultados com a nova extrusora desenvolvida por esse estudo.

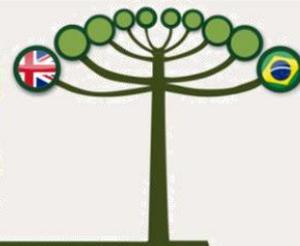




UK - BRASIL INTERNATIONAL

WORKSHOP09 a 13
Setembro
2019

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil

**FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO
URBANO RESILIENTE AO CLIMA***Financing Urban Climate-Resilient Development*

Acredita-se que trabalho proposto possa estimular outros estudantes da área apreciadores do assunto para desenvolver trabalhos de pesquisa tanto para desenvolvimento de trabalhos de levantamento bibliográfico como este quanto de projetos para a área, que tenha mais foco em determinada melhoria ou benefício da indústria 4.0.

É possível também uma futura análise e comparação do conteúdo aqui exposto e o cenário pós a consolidação da nova revolução industrial.

8. REFERÊNCIAS

Akinoso, R., Raji, A. O., & Igbeka, J. C. (2009). Effects of compressive stress, feeding rate and speed of rotation on palm kernel oil yield. *Journal of Food Engineering*, 93(4), 427–430. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.02.010>

Bassegio, D., Zanotto, M. D., Santos, R. F., Werncke, I., Dias, P. P., Olivo, M., 2016. Oilseed crop crambe as a source of renewable energy in Brazil. *Renew Sust Energy Rev.* 66, 311–321. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.010>

Canova, É. B., Bueno, M. S., Moreira, H. L., Possenti, R., Brás, P., 2015. Crambe cake (*Crambe abyssinica* Hochst) on lamb diets. *Ciênc Agrotec.* 39, 75–81. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542015000100009>

Carrera, R. A. B., Veloso, C. M., Knupp, L. S., Souza Júnior, A. H. D., Detmann, E., Lana, R. D. P., 2012. Protein co-products and by-products of the biodiesel industry for ruminants feeding. *R. Bras. Zootec.* 41, 1202–1211. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982012000500018>

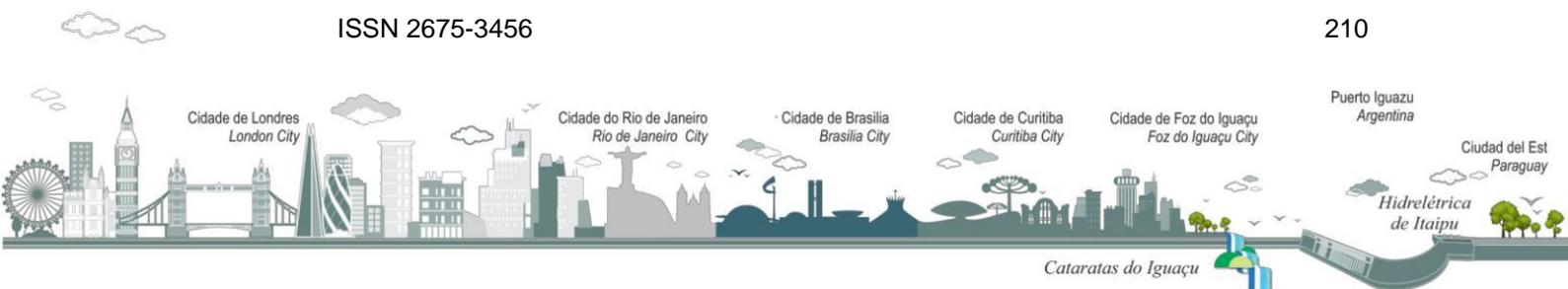
Costa, E., Almeida, M. F., Alvim-Ferraz, C., Dias, J. M., 2019. The cycle of biodiesel production from *Crambe abyssinica* in Portugal. *Ind Crops Prod.* 129, 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.032>

Dufaure, C., Leyris, J., Rigal, L., Mouloungui, Z., 1999. A twin-screw extruder for oil extraction: I. Direct expression of oleic sunflower seeds. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 76, 1073–1079. <https://doi.org/10.1007/s11746-999-0206-0>

Evangelista, R. L. (2009). Oil extraction from Lesquerella seeds by dry extrusion and expelling. *Industrial Crops and Products*, 29(1), 189–196. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.04.024>

ISSN 2675-3456

210





UK - BRASIL INTERNATIONAL

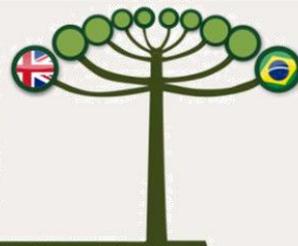
WORKSHOP

09 a 13
Setembro
2019

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil

**FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO
URBANO RESILIENTE AO CLIMA**

Financing Urban Climate-Resilient Development



Evon, P. H., Kartika, I. A., Cerny, M., Rigal, L., 2013. Extraction of oil from jatropha seeds using a twin-screw extruder: Feasibility study. *Ind Crops Prod.* 47, 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.02.034>

Evon, P., Vandenbossche, V., Pontalier, P. Y., Rigal, L., 2014. New thermal insulation fiberboards from cake generated during biorefinery of sunflower whole plant in a twin-screw extruder. *Ind Crops Prod.* 52, 354–362. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.049>

Evon, P., Vinet, J., Labonne, L., Rigal, L., 2015. Influence of thermo-pressing conditions on the mechanical properties of biodegradable fiberboards made from a deoiled sunflower cake. *Ind Crops Prod.* 65, 117–126. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.036>

Ferreira, D.F., 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciênc Agrotec.* 35, 1039–1042 <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

Instituto Adolfo LUTZ (IAL). Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 2008.

Jing, Y., & Chi, Y. J. (2013). Effects of twin-screw extrusion on soluble dietary fibre and physicochemical properties of soybean residue. *Food Chemistry*, 138(2-3), 884-889. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.12.003>

Karaj, S., Müller, J., 2011. Optimizing mechanical oil extraction of *Jatropha curcas* L. seeds with respect to press capacity, oil recovery and energy efficiency. *Ind Crops Prod.* 34, 10101016. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.03.009>

Karleskind, A., 1996. *Oils and Fats Manual*, vol. 1. Lavoisier TEC & DOC, Paris.

Kartika, I. A., Pontalier, P. Y., & Rigal, L. (2005). Oil extraction of oleic sunflower seeds by twin screw extruder: influence of screw configuration and operating conditions. *Industrial Crops and Products*, 22(3), 207-222. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.01.001>

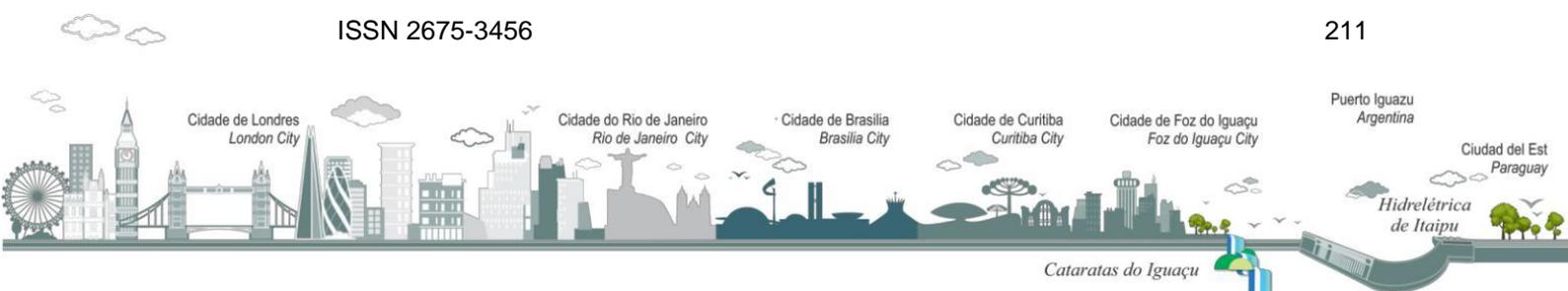
Kartika, I. A., Pontalier, P. Y., & Rigal, L. (2006). Extraction of sunflower oil by twin screw extruder: Screw configuration and operating condition effects. *Bioresource technology*, 97(18), 2302-2310. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.10.034>

Kartika, I. A., Pontalier, P. Y., & Rigal, L. (2010). Twin-screw extruder for oil processing of sunflower seeds: Thermo-mechanical pressing and solvent extraction in a single step. *Industrial crops and products*, 32(3), 297-304. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.05.005>

Mendonça BPC, Lana RP, Detmann E, Goes RHTB, Castro TR. Crambe meal in finishing of beef cattle in feedlot. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2015; 67:583–90.

ISSN 2675-3456

211





UK - BRASIL INTERNATIONAL

WORKSHOP

09 a 13
Setembro
2019

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil

FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO
URBANO RESILIENTE AO CLIMA

Financing Urban Climate-Resilient Development



Savoire, R., Lanoisellé, J. L., & Vorobiev, E. (2013). Mechanical continuous oil expression from oilseeds: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0947-x>

Singh, K. K., Wiesenborn, D. P., Tostenson, K., Kangas, N., 2002. Influence of moisture content and cooking on screw pressing of crambe seed. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 79, 165–170. <https://doi.org/10.1007/s11746-002-0452-3>

Sriti, J., Msaada, K., Talou, T., Faye, M., Kartika, I. A., Marzouk, B., 2012. Extraction of coriander oil by twin-screw extruder: Screw configuration and operating conditions effect. *Ind Crops Prod.* 40, 355–360. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.03.034>

Sriti, J., Talou, T., Faye, M., Vilarem, G., Marzouk, B., 2011. Oil extraction from coriander fruits by extrusion and comparison with solvent extraction processes. *Ind Crops Prod.* 33, 659–664. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.01.005>

Uitterhaegen, E., Nguyen, Q. H., Sampaio, K. A., Stevens, C. V., Merah, O., Talou, T., Evon, P., 2015. Extraction of Coriander Oil Using Twin-Screw Extrusion: Feasibility Study and Potential Press Cake Applications. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 92, 1219–1233. <https://doi.org/10.1007/s11746-015-2678-4>

Wiesenborn, D., Doddapaneni, R., Tostenson, K., Kangas, N., 2001. Cooking indices to predict screw-press performance for crambe seed. *Journal of the American Oil Chemists Society* 78, 467–471. <https://doi.org/10.1007/s11746-001-0287-y>

Wiesenborn, D., Doddapaneni, R., Tostenson, K., Kangas, N., 2002. Kinetic characterization of cooking-induced changes in crambe seed prepared for expelling. *J Food Eng.* 55, 157–163. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00059-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00059-6)

ISSN 2675-3456

212

