

PLANEJAMENTO FATORIAL APLICADO A CINÉTICA DE SECAGEM DO MANDACARU (*Cereus jamacaru* P.DC.)

Luana Maria de Queiroz Silva¹
Maria Suenia Nunes de Moraes²

3

RESUMO

As técnicas estatísticas vêm despertando o interesse de inúmeros pesquisadores nas mais diversas áreas. O planejamento é o melhor método de validação para uma maior confiabilidade de dados, possibilitando conclusões mais eficazes. A região da Caatinga, em especial o Semiárido Brasileiro vem se mostrando um ambiente bastante promissor no desenvolvimento das mais diversas pesquisas. O presente trabalho objetivou analisar em diferentes temperaturas a cinética de secagem do Mandacaru (*Cereus jamacaru*), espécie nativa da região do Semiárido, o qual foi acondicionado em estufa durante um período de 10 horas. O aumento da temperatura diminui a quantidade da massa existente dentro do Mandacaru, ocasionando em uma redução no teor de umidade. A ferramenta de planejamento fatorial pode ser utilizada para distintos fins nas áreas da engenharia, induzindo à busca de soluções para determinados problemas por meio da realização de um planejamento experimental.

Palavras-chave: Semiárido, Estatística, Cactáceas

INTRODUÇÃO

As técnicas estatísticas têm grande importância no desenvolvimento de experimentos desde o planejamento, análise e interpretação dos dados. As variáveis analisadas em um experimento podem influenciar em determinadas propriedades de um produto, dessa forma, planejar é o melhor método para obtenção de resultados válidos, confiáveis e concisos. Possibilitando conclusões eficazes, eficientes e econômicas do processo (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2001). Após a realização do experimento, os métodos estatísticos são analisados por meio de um planejamento experimental, principalmente quando há a possibilidade de envolver erros experimentais nos dados obtidos (MONTGNOMERY, 2005).

A Região Semiárida Brasileira concentra-se na região Nordeste, abrangendo os estados: Paraíba, Pernambuco, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Sergipe e Bahia. Formando o bioma

¹ Mestranda pelo Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, luanaqueiroz9@gmail.com

² Mestranda pelo Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, sueniasusudosax@gmail.com

Caatinga, um dos maiores biomas brasileiros. Possui um clima quente com baixo índice de pluviosidade.

A região do Semiárido apresenta um grande potencial biológico ainda conhecido o qual grande parte de suas riquezas biológicas só podem ser encontrado no Brasil. Atualmente, existem muitas ações de pesquisa que objetivam explicar a riqueza do bioma e seu potencial econômico (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2016).

A vegetação da Caatinga apresenta características resistentes à seca, apresentando uma boa adaptação às condições do Semiárido brasileiro. Pode-se encontrar espécies desse gênero de vegetais em todas as regiões do Brasil, sendo mais adaptadas ao semiárido. Geralmente, as plantas nativas apresentam espinhos, são suculentas e de hábitos diversificados (NECCHI, 2011).

De acordo com SANTOS *et al* (2013), a família *Cactaceae* possui cerca de 130 gêneros e 1.500 espécies. As Cactáceas apresentam uma grande importância econômica, sendo utilizada na alimentação animal, devido ao seu alto valor energético e suculento para os rebanhos no período de escassez de água, na alimentação humana na produção de doces e no consumo de frutos, além de grande potencial na medicina tradicional para o tratamento de diversas enfermidades e para o paisagismo, devido a sua beleza particular, além de exigirem pouca água, elas também são de fácil adaptação às condições adversas de nutrientes no solo (Lucena *et al.* 2014; Chaves & Barros, 2015; Cavalcante *et al.* 2017; Santos *et al.* 2018).

O mandacaru (*Cereus jamacaru* P.DC.) é uma espécie nativa da vegetação da caatinga, pertencendo à família Cactácea (Figura 1). Cresce em solos pedregosos e pode ser encontrado nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e norte de Minas Gerais (SILVA, 2009).

É uma planta dividida em duas espécies: *Cereus peruvianuse* *Cereus jamacaru*. A primeira é nativa do Peru e do Brasil. A segunda, encontrada apenas no Brasil sendo uma espécie típica do bioma caatinga. Ambas as espécies podem atingir cerca de cinco metros de altura e recebem outros nomes como jamacaru, cardeiro, cardeiro-rajado e mandacaru-de-boi (LIMA *et al.*, 2014).

Figura 1: Plantação de Mandacaru na cidade de Sumé.



Fonte: Os autores (2019)

De acordo com Andrade *et al.* (2006), a espécie *Cereus jamacaru* apresenta propriedades que podem ser utilizadas em processos inflamatórios ocasionados por diferentes agentes, usados para o tratamento de problemas renais, e o xarope para o tratamento de tosse, bronquites e úlceras. Barbera *et al.* (1999) descrevem os principais usos tradicionais, e potenciais de cactáceas com propriedades terapêuticas.

O mandacaru também possui frutos (Figura 2). Seu fruto é uma baga, ovoide, com aproximadamente 12cm de comprimento, vermelho, carnosos, de polpa branca, com inúmeras sementes pretas e bem pequenas. Alguns estudos químicos e farmacológicos do fruto observaram presença de esteroides ergosterol e colesterol. A qualidade dos frutos se dá devido aos caracteres físicos que respondem pela aparência externa, entre os quais destacam-se o tamanho, a forma do fruto e a cor da casca apresentando assim, potencial no aproveitamento industrial (BAHIA, et al., 2010).

Figura 2: Frutos de Mandacaru



Fonte: Os autores (2019)

A secagem é uma operação unitária que reduz o teor de umidade de um produto até que se torne adequado à estocagem mantendo sua qualidade (CASEMG, 2019). Quando submetidos a secagem, os produtos conservam suas características físicas e nutritivas, e retornarão ao aspecto natural quando reconstituídos em água, dessa forma, esse processo representa uma forma viável de conservação de alimentos para consumo humano ou animal. Além disso, ao reduzir a quantidade de água, são criadas condições desfavoráveis para o crescimento microbiano (SILVA, 2015).

De acordo com PARK (2001), a definição de transferência de calor da fonte quente para o material a ser seco ocorre devido a diferença de temperaturas e a evaporação da água. A diferença de pressão parcial de vapor d'água entre o ar quente e a superfície do produto ocasiona na transferência de massa do produto para o ar, arrastando o vapor do material. Durante a secagem, a água do interior do sólido é transportada para superfície do sólido, ocorrendo posteriormente a evaporação da umidade. Os principais mecanismos ocorrentes nesse processo são a difusão líquida, difusão de vapor e fluxo de líquido e de vapor.

No processo de secagem (figura 3), são utilizadas estufas. FELLOWS (2006), descreve a estufa de ar quente como uma câmara de isolamento térmico apropriado e provida de sistema de aquecimento e ventilação de ar por meio das bandejas. O ar aquecido circula sobre a superfície de sólido úmido a uma velocidade relativamente alta, a fim de maximizar a eficiência do processo.

Figura 3: Mandacaru cortado para que seja submetido ao processo de secagem



Fonte: Os autores (2019)

São utilizados métodos teóricos, empíricos e semi-empíricos, para compreensão dos métodos de secagem que descrevem matematicamente o processo utilizando dados experimentais apenas das condições externas, não fornecendo indicações sobre o transporte de energia e massa no interior do produto (LEITE et al., 2016).

Para Souza (2019), os princípios básicos que regem o planejamento experimental são a replicação, aleatoriedade e a blocagem. A replicação consiste em repetir independentemente cada combinação de fatores e deve ser realizada sem que ocorra grandes variações de uma replicação para outra permitindo assim, a obtenção do erro experimental e encontrar o efeito de fator, tornando a replicação mais precisa. A aleatoriedade permite o balanceamento das variáveis não controláveis que afetam a variável resposta e que podem aparecer durante a realização do experimento, evitando problemas na avaliação dos resultados. A blocagem

possibilita o aperfeiçoamento e precisão do experimento, controlando e avaliando a variabilidade resultante na presença de fatores que perturbam o sistema, mas que nem sempre são levados em consideração no estudo.

De acordo com Vilani (et al 2006, apud Box et al 1978) um planejamento fatorial é aquele no qual se investigam todas as possíveis combinações dos níveis dos fatores em cada ensaio. O efeito de um fator pode ser visto como a mudança sofrida pela variável resposta quando se passa do nível baixo para o nível alto do fator. Segundo Galdamez (2002, apud MONTGOMERY,1991) o planejamento de experimentos deve-se a Ronald A. Fisher, que durante alguns anos foi responsável pela estatística e análise de dados na Estação Agrícola Experimental em Londres - Inglaterra. Fisher foi quem desenvolveu e usou pela primeira vez a técnica de ANOVA (*Analysis of variance*) como ferramenta primária para a análise estatística do projeto experimental. Outros autores que contribuíram de maneira significativa para a evolução das técnicas sobre o projeto de experimentos são: Yates, Box, Bose, Kempthorne e Cochran.

A análise de variância é uma ferramenta para comparação de vários grupos ou estratos de interesse, permite investigar a existência de diferenças significativas entre os grupos estudados. Conclusões obtidas a partir da ANOVA apresentam um nível de confiança determinado pelo analista (Paese, et al 2001). Os planejamentos fatoriais com dois níveis são formados por k fatores, cada um com dois níveis, tais planejamentos são especialmente úteis na etapa exploratória de uma pesquisa, quando um sistema não é muito conhecido e o modelo é ainda identificado. A ANOVA avalia a importância de um ou mais fatores, comparando as médias de variáveis de resposta nos diferentes níveis de fator. A hipótese nula afirma que todas as médias de população (médias de nível de fator) são iguais, enquanto a hipótese alternativa afirma que pelo menos uma é diferente.

O presente trabalho tem como objetivo geral descrever o planejamento fatorial ²³ por meio dos dados obtidos da cinética de secagem do mandacaru (*Cereus jamacaru P.DC.*), ajustando diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais.

METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Biologia Celular e Molecular do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA) na Universidade Federal de Campina

Grande (UFCG), Campus Sumé-PB. As amostras foram obtidas no próprio campus, selecionados manualmente de forma a eliminar os exemplares que apresentavam danos físicos ou aspectos de podridão, higienizadas em água corrente e cortadas em rodela, como mostra a figura 4:

Figura 4: Mandacaru em estufa sendo submetido a secagem



Fonte: Os Autores (2019)

Utilizamos o planejamento fatorial 2^3 , para se saber o melhor resultado a partir das análises das variáveis respostas. As variáveis respostas analisadas equivalem às massas das amostras durante o processo de secagem do Mandacaru (*Cereus jamacaru*), obtidos em 0h (início do processo) e 12h, observar na tabela 1.

Tabela 1. Massas obtidas em 0h e 12h, e posteriormente sua média.

FATORIAL 2^3				
ENSAIOS	TRATAMENTOS	0h	12h	MÉDIA
1	a1b1c1	43,92	37,94	40,93

2	a2b1c1	26,93	37,90	32,415
3	a1b2c1	26,91	21,89	24,40
-4	a2b2c1	10,32	17,01	13,665
5	a1b1c2	19,43	15,13	17,28
6	a2b1c2	7,8	13,40	10,60
7	a1b2c2	15,75	11,93	13,84
8	a2b2c2	4,69	8,34	6,515

Fonte: O Autor, 2020.

A metodologia incentiva o uso da análise de variância ANOVA para avaliar o desempenho da variável resposta, permitindo a representação gráfica dos graus de influência dos fatores empregados no software Excel. Levamos em consideração três fatores ou variáveis independentes: variação da temperatura, tempo e espessura da camada, onde cada fator foi analisado em dois níveis, alto e baixo (tabela 2), com nível de significância de 5%. Segundo Heller (1986), a metodologia do planejamento fatorial, coligada à análise de superfícies de respostas, é uma técnica fundamentada na teoria estatística, que disponibiliza informações concretas sobre o processo, minimizando o empirismo (doutrina segundo a qual todo conhecimento provém unicamente da experiência, limitando-se ao que pode ser captado do mundo externo, pelos sentidos) que abrange técnicas de tentativa e erro.

Tabela 2: Intervalo de estudo das variáveis

VARIÁVEL	INTERVALO DE ESTUDO
Espessura da camada (cm)(A)	1,4 – 1,5
Tempo (h) (B)	0 – 12
Temperatura °C (C)	50 – 60

Fonte: O Autor, 2020.

Um planejamento fatorial foi empregado para avaliar simultaneamente as variáveis significativas e indicar as melhores condições experimentais no sistema de secagem do Mandacaru. Nesse sentido, o planejamento é uma ferramenta de grande importância, pois tem

como finalidade determinar, e ao mesmo tempo de quantificar, a influência das variáveis sobre as respostas desejadas, ou seja, quantificar o efeito das variáveis do processo através das técnicas do planejamento experimental, com o objetivo de obter informações sobre a autenticidade ou não das respostas desejadas (COSTA, 2011). A Tabela 2 mostra os fatores e seus níveis. A justificativa para a escolha dos fatores temperatura, tempo e espessura do Mandacaru está em obter a melhor eficiência no procedimento analítico de secagem. A Tabela 3 mostra os coeficientes de contraste para um fatorial 2^3 , e a última coluna contém os valores médios da massa das amostras durante o processo de secagem do Mandacaru (*Cereus jamacaru*), obtidos nos ensaios. A partir desses resultados, a análise estatística foi feita através do Software computacional Excel, que gera gráficos normais de estimativas.

Tabela 3. Coeficientes de contraste para um fatorial 2^3 , e os valores da massa das amostras durante o processo.

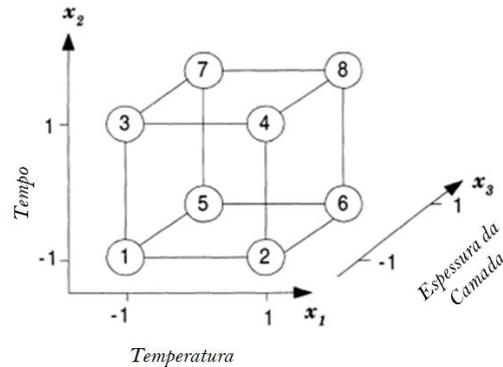
ENSAIOS	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	MÉDIA
1	-	-	-	+	+	+	-	40,93
2	-	-	-	-	-	+	+	32,415
3	-	+	-	-	+	-	+	24,40
4	+	+	-	+	-	-	-	13,665
5	-	-	+	+	-	-	+	17,28
6	+	-	+	-	+	-	-	10,60
7	-	+	+	-	-	+	-	13,84
8	+	+	+	+	+	+	+	6,515

Fonte: O Autor, 2020.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados coletados no experimento, foi construído um diagrama (figura geométrica), onde se é possível obter algumas considerações, fazendo as devidas interpretações dos dados corretamente, observar a Figura 5.

Figura 5. Representação geométrica das interações Temperatura, Tempo e Espessura da Camada.



Fonte: O Autor, 2020.

Examinando esse diagrama podemos concluir: a elevação da temperatura diminui a quantidade da massa existente dentro do Mandacaru, ou seja, ocasiona uma redução no teor de umidade, além de sua espessura se contrair (diminuir devido o aumento da temperatura). De acordo com o trabalho sobre planejamento de Gouveia (2002), “este efeito negativo, ocasionado pela mudança do nível inferior para o nível superior de temperatura, resultando na redução do teor de umidade do produto, ocorre devido ao efeito significativo da temperatura sobre o processo de secagem”. Quanto maior o tempo dentro do processo de secagem, maior será a diminuição da massa (teor de umidade) e da espessura da camada, independente da temperatura, conseqüentemente, quanto maior a temperatura utilizada maior será a perda de massa na secagem. O resultado com menor valor de massa (teor de umidade) é obtido quando se utilizar a temperatura de 60 °C e o um valor de tempo de 12h. O mesmo resultado é observado no trabalho de Nascimento (2014), onde o menor tempo de secagem é obtido quando se utilizar a temperatura mais alta.

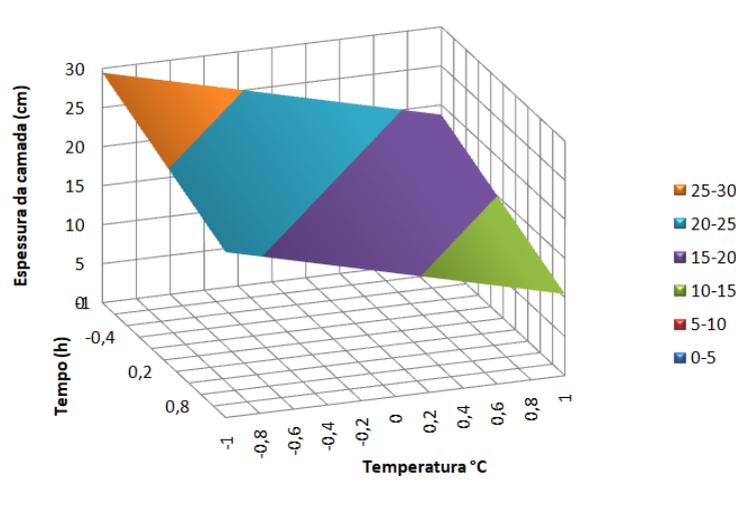
A análise de variância (ANOVA) é utilizada para mostra os efeitos principais de variáveis categóricas independentes sobre uma variável quantitativa dependente. Os valores obtidos do coeficiente na análise de variância se mostraram satisfatórios, pois Maciel (2012) relata no seu trabalho que o valor do coeficiente está ao nível de significância da variável independente sobre a variável resposta em estudo, no qual, pode-se afirmar que, para valores inferiores 0,05, a influência da variável preditora é considerada estatisticamente significativa.

O valor-p é definido como a probabilidade de se observar um valor da estatística de teste

maior ou igual ao encontrado. Tradicionalmente, o valor de corte para rejeitar a hipótese nula é de 0,05, o que significa que, quando não há nenhuma diferença, um valor tão extremo para a estatística de teste é esperado em menos de 5% das vezes. É um equívoco achar que um valor muito pequeno de p signifique que a diferença entre os grupos é altamente relevante. Ao olharmos para o valor- p isoladamente, nossa atenção é desviada do tamanho do efeito. Outro equívoco é achar que se o valor- p for maior do que 5%, o novo tratamento não tem nenhum efeito. O valor- p indica a probabilidade de se observar uma diferença tão grande ou maior do que a que foi observada sob a hipótese nula. Outro conceito equivocados é acreditar que, se o valor- p está próximo de 5%, há uma tendência de haver uma diferença entre os grupos. É inadequado interpretar um valor- p de, digamos, 0,06, como uma tendência de diferença. Um valor- p de 0,06 significa que existe uma probabilidade de 6% de se obter esse resultado por acaso quando o tratamento não tem nenhum efeito real. Como definimos o nível de significância de 5%, a hipótese nula não deve ser rejeitada (FERREIRA *et al*, 2015). O coeficiente de determinação (R^2) alcançado na secagem do mandacaru foi de 0,927, indicando que o modelo explicou 92,7% da variação dos dados observados.

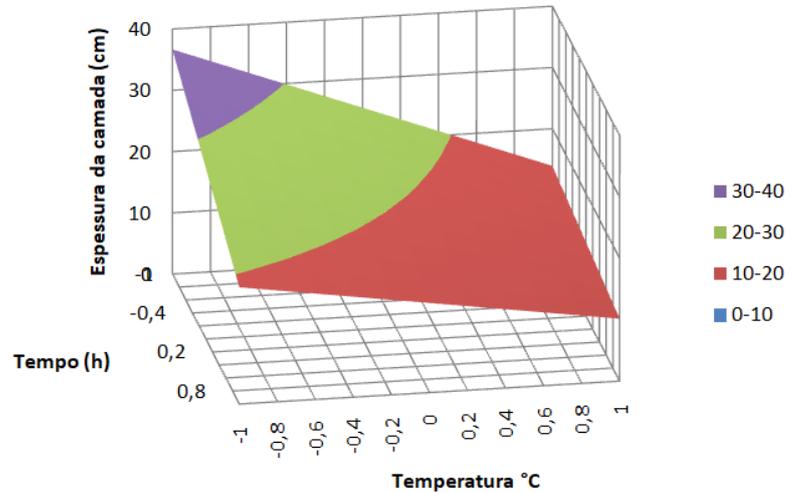
As superfícies de resposta, como gráficos de superfície e os modelos de regressão das variáveis independentes, foram gerados a partir do emprego do software Excel. A adequação dos modelos propostos foi avaliada pela proporção da variação explicada pelo modelo, isto é, pela análise do coeficiente de determinação (R^2) e pela análise de variância (ANOVA). De acordo com o modelo significativo, pode-se verificar os gráficos (1 e 2), na qual os gráficos são usados para explorar a relação potencial das variáveis, onde são exibidas em escalas x e y , e a variável de resposta (z) são representadas por uma superfície suave (gráfico de superfície 3D). No gráfico 1, pode-se verificar que, quanto maior a temperatura e o tempo de secagem a espessura da camada irá se reduzir. E no gráfico 2, observa-se que a temperatura de secagem no seu ápice desse estudo (60 °C) se mostra mais eficiente proporcionando uma redução de tempo, em relação a uma temperatura inferior.

Gráfico 1 - Superfície de resposta para a influência das variáveis, Espessura da camada em função do Tempo e Temperatura.



Fonte: O Autor (2020).

Gráfico 2 - Superfície de resposta para a influência das variáveis, Espessura da camada em função do Tempo e Temperatura.



Fonte: O Autor (2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A secagem do mandacaru foi influenciada pela temperatura de secagem ocasionando a diminuição da espessura da camada, ou seja, ocorrendo à secagem em menor tempo na temperatura mais elevada com a menor espessura. A temperatura é o fator controlador do processo. A ferramenta de planejamento fatorial pode ser utilizada para distintos fins nas áreas da engenharia, induzindo à busca de soluções para determinados problemas por meio da realização de um planejamento experimental, que dará como resultado as admissíveis condições ótimas de um produto ou processo. Aplicando as técnicas estatísticas apropriadas, é possível resolver problemas experimentais de forma mais eficiente.

REFERÊNCIAS

AL SAADI, A.N.; JEFFREYS, G.V. Esterification of butanol in a two phase liquid-liquid system. **AICHE Journal**, v. 27, p. 754-772, 1981.

ANDRADE, C.T.S., MARQUES, J.G.W , ZAPPI, D.C., Utilização medicinal de cactáceas por sertanejos baianos, Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.8, n.3, p.36-42, 2006.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. 2 ed. Campinas: Editora Unicamp, 2001. ISBN 85-268-0544-4.

BARBERA, G.; INGLESE, P.; BARRIOS, E. Agroecología, cultivos y usos delnopal. Estudio FAO producción y protección vegetal. Roma: FAO, 1999.

BAHIA, E.V.A. et al ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO FRUTO DO MANDACARU (*Cereus jamacaru P.DC.*) CULTIVADO NO SERTÃO PERNAMBUCANO. In: **Congresso Norte - Nordeste de Pesquisa e Inovação – CONNEPI 2010**, Maceió – AL, 2010.

CARTA, G.; GAINER, J.L.; ZAIDI, A. Fatty acid esterification using nylon immobilized lipase. **BiotechnologyandBioengineering**, v. 48, p. 601-605, 1995.

CASEMG. Secagem de grãos. Companhia de Armazéns e Silos de Minas Gerais S.A. Belo Horizonte, MG. Disponível em: Acesso em 24 de Outubro de 2019.

CAVALCANTE, M. Z. B. *et al.* Potencial ornamental de espécies do Bioma Caatinga. **ComunicataScientiae**, 8(1), 43-68, 2017.

CHAVES, E.M.F. & BARROS, R.F.M. Cactáceas: recurso alimentar emergencial no semiárido, Nordeste do Brasil. **Gaia Scientia**, 9, 129-135, 2015.

COSTA, Maria Carolina Burgos; ALMEIDA, Cláudio Romero Rodrigues de. A importância do ensino da ferramenta de planejamento fatorial para estudantes de engenharia. In: **XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Blumenau, SC**. 2011.

EMBRAPA SEMIÁRIDO. Simpósio do Bioma Caatinga (1. : 2016 : Petrolina, PE): **Anais do I Simpósio do Bioma Caatinga**; editores: Lúcia Helena Piedade Kiill; Diogo Denardi Porto. Petrolina : Embrapa Semiárido. 171 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 277). Petrolina – PE, 2016.

FERREIRA, J. C.; PATINO, C. M. O que realmente significa o valor-p. JBP, São Paulo, 2015. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v41n5/pt_1806-3713-jbpneu-41-05-00485.pdf>. Acessado em 01 de março de 2020.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2.ed. Tradução Florência Cladera Oliveira, et al .Porto Alegre: Artmed, 602p. 2006.

GALÁMEZ, E. V. C., Aplicação das técnicas de planejamento e análise de experimentos na melhoria da qualidade de um processo de fabricação de produtos plásticos, 2006, apud MONTGOMERY, D.C. (1991). *Diseño yanálisis de experimentos*. Trad.porJaimeDelgado Saldivar. Mexico,Iberoamérica.

GOUVEIA, Josivanda P.G. et al. Avaliação da cinética de secagem de caju mediante um planejamento experimental. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 471-474, 2002.

HELLER, Barbara. Statistics for experimenters, anintroductionto design, data analysis, andmodelbuilding: GEP Box, WG Hunter and JS Hunter, John Wileyand Sons, New York, NY. 1978. 1986.

LEITE, D. D. F.; PEREIRA, E. M.; ALBUQUERQUE, A. P.; MENDES, F. de A.; ALEXANDRE, H. V. Avaliação da cinética de secagem da carambola em secador convectivo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 2, p. 01-04, 2016.

LIMA, L.M.R. *et al.* UTILIZAÇÃO DO MANDACARU (*Cereus jamacaru*) COMO BIOMASSA ADSORVENTE DE GASOLINA PRESENTE EM CORPOS D'ÁGUA. In: **X Encontro Brasileiro sobre Adsorção**, Guarujá- SP, 2014.

LUCENA C. M.,*et al.*Potencial medicinal de cactáceas enlaregión semiárida del Nordeste de Brasil. **Gaia Scientia**, 36–50,2014.

MACIEL, R. D. A., VIANA, C., SIMÕES, M., & FONTELLES, M. Desidratação osmótica de filés de pirarucu (Arapaima gigas). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, Ponta Grossa**, v. 6, n. 1, p. 618-629, 2012.

MARTINEZ, M.; TORRANO, E.; ARACIL, J. An analogue of jobaoil. A statistical approach. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 27, p. 2179-2182, 1988.

NASCIMENTO, Marcos Antônio Germano. Aproveitamento agroindustrial de cactáceas do semiárido brasileiro. 2014.

NECCHI, R. M. M. Farmacobotânica, Atividade Antiinflamatória e Parâmetros Bioquímicos de *Nopalea Cochenillifera* (L.) Salm-Dick (Cactaceae). **Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas)**. Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil, 2011.

PAESE, C., et al, Aplicação da Análise de Variância na Implantação do CEP, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/v11n1/v11n1a02.pdf>. Acesso 04 de março de 2018.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêrabartlett (*Pyrus* sp.) em fatias. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 21, n. 3, p. 288-292, 2001.

MONTGOMERY, D.C. Design and Analysis of Experiments. United States of America: WILEY, 2005.

SANTOS, T.N.; MEDEIROS, N.V.S. Caracterização da palma forrageira, visando ao seu aproveitamento energético: quantificação e análise de extrativos. **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 1**. P. 414-417 Congestas 2013.

SANTOS, M. O. *et al.* Medicinal Plants: versatility and concordance of use in the caatinga area, Northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 90(3), 2767-2779, 2018.

SILVA, E. S. et al. Secagem de grãos e frutas: Revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 5, n. 1, p. 19-23, 2015.

SILVA, L. R. da; ALVES, R. E. Caracterização físico-química de frutos de “Mandacaru”. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 199-205, abr./jun. 2009

SOUZA, J.C.S.; Proposição de atividades práticas experimentais para a complementação do ensino da disciplina de planejamento de experimentos industriais (ENP526). Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2019.