
AValiação DE UM SECADOR ARTESANAL A LENHA NA DESIDRATAÇÃO DE PASSIFLORA INCARNATA L. CULTIVADA EM SISTEMA ORGÂNICO POR UM TERMO-HIGRÔMETRO

Maiara M. Gonçalves¹

Terezinha de Fátima Fumis²

Filipe Pereira Giardini Bonfim³

Aloísio Costa Sampaio⁴

RESUMO

Para manter íntegro por mais tempo os teores de princípio ativo em *P. Incarnata* é necessário diminuir ao máximo os teores de água da biomassa vegetal. O processo de desidratação envolve troca simultânea de calor e de massa, diminuindo a disponibilidade de água livre nos tecidos vegetais e também reduzindo a atividade enzimática, o crescimento microbiano e decomposições físico-químicas das moléculas bioativas. O trabalho teve como objetivo avaliar a secagem de *Passiflora incarnata*, a partir do monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar de um secador a lenha artesanal. O estudo foi realizado em sítio produtor de *P. incarnata* em Botucatu, SP. Um termo-higrômetro foi confeccionado a

1. Mestre em Agronomia (Horticultura) pela Faculdade de Ciências Agrônomicas, Unesp-Botucatu. maiara.sp@hotmail.com

2. Professora Doutora pelo Departamento de Ciências Biológicas da Unesp-Bauru. tffumis@fc.unesp.br

3. Professor Doutor pelo Departamento de Horticultura da Faculdades de Ciências Agrônomicas (FCA), Unesp-Botucatu. filipe.giardini@unesp.br

4. Professor Associado pela Faculdade de Ciências (FC), Unesp-Bauru. aloisio.c.sampaio@unesp.br

partir da plataforma livre Arduíno, com sensores internos e externos ao secador foi utilizado para avaliar as oscilações de temperatura e umidade durante a secagem. A desidratação da parte aérea de *P. incarnata* ocorreu no mês de novembro, com duração de cerca de 22 horas 30 minutos. O secador atingiu umidade relativa máxima de 73,8% e mínima de 9,6% e temperaturas máxima e mínima, respectivamente, de 53,5 e 20,9°C, caracterizando secagem como irregular. O protótipo utilizado representa um modelo importante para garantir a qualidade da secagem de plantas medicinais por agricultores familiares, sendo facilmente reproduzido a partir de conhecimentos básicos de programação, de maneira livre e a baixo custo.

Palavras-chave: Pós-colheita. Arduíno. Plantas medicinais.

Avaliação of a wood-fired dryer in the dehydration of *Passiflora incarnata* L. grown in an organic system por um termo-higrômetro

ABSTRACT

To keep the levels of active principle intact for longer in *P. Incarnata*, it is necessary to reduce the water content of the plant biomass as much as possible. The dehydration process involves simultaneous heat and mass exchange, decreasing the availability of free water in plant tissues and also reducing enzymatic activity, microbial growth and physicochemical decomposition of bioactive molecules. The objective of this work was to evaluate the drying of *Passiflora incarnata*, from the behavior of the temperature, relative humidity of the air of a handmade wood dryer. The study was carried out in Botucatu, in the interior of São Paulo. A thermohygrometer model made from the free Arduino platform, with internal and external sensors to the dryer to evaluate the temperature and humidity variations during the drying of the month of November 2016. The dehydration of the aerial part of *P. incarnata* occurs, on average, for about 22h30. The dryer achieved maximum relative humidity of 73.8% and minimum of 9.6% and maximum and minimum temperatures, respectively, of 53.5 and 20.9 °C. The prototype used may be a model to aid the drying of medicinal plants by family farmers, it has two sensors for detection of variables, sound programming and can be easily reproduced from basic programming knowledge, in a free way and at low cost.

Keywords: Post-harvest; Arduino; Medicinal plants

1. INTRODUÇÃO

Passiflora incarnata é uma das principais espécies de maracujazeiro utilizadas em fitoterápicos para o tratamento de insônia e ansiedade, por seu efeito sedativo leve do Sistema Nervoso Central, prolonga os níveis do ácido gama-aminobutírico, o GABA, diminuindo a atividade das células nervosas e propiciando melhora significativa na qualidade de sono (NGAN; CONDUIT, 2011; VELOSO et al., 2008). Ela também é uma das três espécies do gênero citadas na Relação Nacional de Plantas Medicinais de interesse ao Sistema Único de Saúde, apresentando potencial para estudos sobre sistemas de produção e beneficiamento primário no país (BRASIL, 2009). Para manter íntegro por mais tempo os teores de princípio ativo na espécie de interesse medicinal, é necessário diminuir ao máximo os teores de água da biomassa vegetal. O processo de desidratação envolve troca simultânea de calor e de massa, diminuindo a disponibilidade de água livre nos tecidos vegetais e também reduzindo a atividade enzimática, o crescimento microbiano e decomposições físico-químicas das moléculas bioativas (DE OLIVEIRA, 2011; PACHÚ, 2007). Mesmo notando-se a importância deste processo para a manutenção da qualidade e estabilidade da matéria vegetal, poucas são as opções de equipamentos e tecnologias disponíveis acessíveis para os principais usuários, produtores e extrativistas da agricultura familiar, tornando-se necessárias intervenções coletivas para adaptação de tecnologias livres e acessíveis para o grupo (MARQUES, 2009).

Em busca de tecnologias adaptadas ao reduzido tamanho físico e financeiro, como no caso de agricultores familiares, o conceito de tecnologias sociais busca ser não discriminatório orientado por um mercado interno de massa, que visa libertar o potencial e a criatividade de quem produziu apoiado no conhecimento científico e tecnológico a fim de promover a melhoria da qualidade de vida de comunidades (BARRETTO & PIAZZALUNGA, 2012; DAGNINO, 2004). As plataformas abertas de desenvolvimento são uma maneira de adaptar e disponibilizar tecnologias recentes de baixo custo para diversas áreas de conhecimento, tendo como diferencial o uso de maneira open-source, onde uma comunidade de usuários online produz e aperfeiçoa constantemente seus projetos para estas plataformas, divulgando-os livremente, a partir de tutoriais e fóruns de discussão na internet sobre a sua utilização e programação (DA FONSECA; ALEXANDRE, 2011). O projeto Arduino, nascido na Itália em 2005, constitui uma plataforma de hardware e de software com o objetivo de possibilitar que pessoas não especialistas em programação e/ou em eletrônica possam desenvolver aplicações de objetos e ambientes interativos (MIRANDA et. al., 2010).

O objetivo foi avaliar a secagem de *Passiflora incarnata*, a partir da variação da Temperatura e umidade relativa do ar de um secador a lenha artesanal através da implantação de um termo-higrômetro com a plataforma livre Arduino.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área em estudo está localizada entre as coordenadas geográficas latitude 22°56'49,27" Sul e longitude 48°34'42,80" Oeste, aos 765 m de altitude no distrito de Rubião Júnior, bairro rural Chaparral, em sítio produtor da espécie em estudo a quatro anos. Classificação climática Cfa de Köppen, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C (DA CUNHA; MARTINS, 2009).

O secador existente na propriedade foi confeccionado pelo produtor, de alvenaria (barro-cimento), com uma estrutura de apoio da biomassa de malha a 0,50 m do chão e uma fornalha alimentada por lenha de eucalipto com chaminé e ventilador que separam o ar quente da fumaça.

Um modelo de termo-higrômetro foi produzido pensando no contexto socioeconômico dos produtores de *P. incarnata* da região, buscando adaptar as necessidades destes produtores e ser reprodutível. O equipamento foi utilizado para avaliar a temperatura e umidade do secador e do ambiente do entorno durante a desidratação da massa fresca e o tempo máximo de secagem da colheita de outubro de 2016. O protótipo foi construído utilizando a plataforma de computação física do Arduino, que foi escolhida por ser uma plataforma livre e que pode possibilitar a inclusão de diversos softwares a medida que for necessário para facilitar o controle das variáveis do secador (MCROBERTS, 2011) (Figura 1).

Figura 1. Termo-higrômetro instalado no Sítio Dois Irmãos, Botucatu/SP



Os sensores de temperatura e umidade relativa do ar foram instalados externamente, dois metros e meio do solo, juntamente com a plataforma física do Arduíno, distante cinco metros do secador e internamente os sensores foram distribuídos próximo ao telhado do secador, a um metro e meio da biomassa a ser seca. As leituras dos sensores foram obtidas a cada cinco segundos, e gravadas num cartão de memória, através da transformação dos níveis de tensão em valores de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%), estes foram armazenados em planilhas eletrônicas. A partir dos dados de duas secagens, foram construídos gráficos de temperatura e umidade relativa do secador e do ambiente através dos dados recolhidos a cada cinco segundos e das médias da temperatura em cada hora (THOMAZINI, 2015).

Os dados foram organizados em tabelas expondo as porcentagens de temperatura e umidade máxima e mínima registradas pelo termo-higrômetro no secador artesanal (BEKKIOU et al., 2009; THOMAZINI, 2015). Para a medição da temperatura média e umidade relativa do ambiente foi utilizado o método de poucas observações recomendado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), designado temperatura e umidade relativa do ar média compensada (RAMOS et al., 2009):

$$UR_{med} = \frac{T_{12h,k} + 2T_{24h,k} + T_{max,k} + T_{min,k}}{UR_{12h,k} + UR_{18h,k} + 2UR_{24h,k}}$$

Onde:

k = dia em que foi realizada a secagem.

Tmed/ UR med = temperatura e umidade relativa média do dia

t12h/ UR 12h = temperatura e umidade relativa as 12 h

t24h/ UR 24h = temperatura e umidade relativa as 24 h

tmax/ UR max = temperatura e umidade relativa máxima obtida no dia

tmin/ UR min = temperatura e umidade relativa mínima obtida no dia

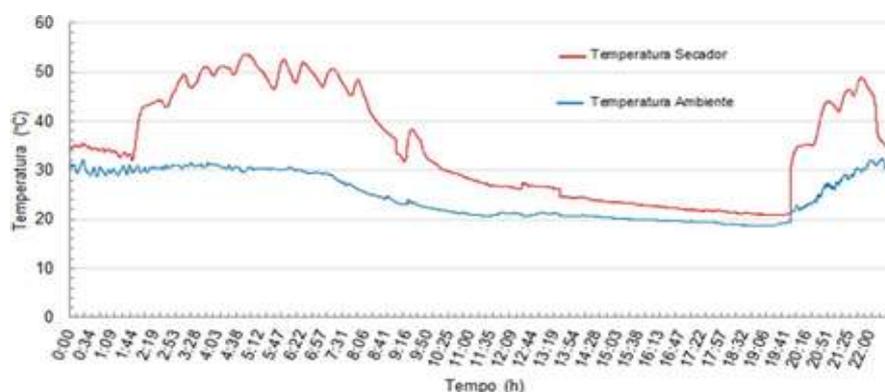
A fim de adquirir também uma medida única diária das variáveis analisadas no secador, de maneira mais fiel ao observado, foram registradas duas secagens que por serem similares utilizou-se a média destas para avaliar a temperatura e umidade relativa máximas, médias e mínimas diárias. A partir da diferença entre máximas e mínimas originou-se as variáveis ΔT e ΔUR que são, respectivamente, à variação

da temperatura e da umidade relativa ao longo do dia (THOMAZINI, 2015). A biomassa foi colhida pela manhã, ao final do período matutino a massa fresca era levada para a desidratação, sendo acomodada no secador formando uma camada com cerca de 20 cm de altura. O período de secagem durava em média 22 horas e 30 minutos. O secador era alimentado, manualmente, por lenha durante pouco mais de 11 horas. A biomassa entrava no secador ao meio dia e permanecia até aproximadamente às 11h da manhã do outro dia. Durante o processo a biomassa era revolvida somente uma vez, encerrando a secagem quando as folhas apresentavam aspecto quebradiço.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escolha do tipo de secagem é algo particular de cada produtor familiar, variando de acordo com a necessidade, conhecimento e valor relacionado ao princípio ativo de interesse. Raizeiros de Alagoas, caracterizados socialmente como um grupo de baixa escolaridade e renda, utilizam técnicas tradicionais para secagem das plantas, à sombra ou diretamente ao sol, muitas vezes secas nas próprias barracas onde são comercializadas aplicando as técnicas aprendidas com os pais e avós (ARAÚJO et al., 2009). Notou-se na avaliação do processo (Figura 2) que o sistema aplicado pelo produtor apresentou um aumento não uniforme e pouco constante da temperatura do ar de secagem. Nas primeiras duas horas de desidratação (entre 12 e 14h) o secador aumentou de temperatura lentamente, com pouca variação, ficando cerca de 4 a 8 °C acima da temperatura ambiente, caracterizando o aquecimento de toda a estrutura do secador e da massa vegetal. Diferente do que ocorre em secadores solares, onde a variação de temperatura é diretamente relacionada à radiação solar, a resposta tanto para aumentar como para diminuir a temperatura ocorre quase que imediatamente (BEKKIOU et al., 2009; THOMAZINI, 2015).

Figura 2. Temperatura do ambiente e do secador durante a desidratação de *P. incarnata*



Em um estudo com produtores de carqueja (*Baccharis* sp) do Sul do país verificou-se que produtores com tecnologias mais desenvolvidas relatavam tempos mais longos de secagem, de 2 a 25 horas, enquanto os que apresentavam tecnologias menos desenvolvidas tinha período de secagem entre 2 a 5 horas (CARDON; DE CARVALHO, 2005).

A busca pela sustentabilidade ecológica, social e econômica na transição agroecológica compreende também garantir autonomia na produção, fácil acesso e a troca de informações e conhecimento de maneira livre, neste contexto as tecnologias devem se adaptar as necessidades locais sendo implementadas para a resolução de problemas comuns aliando a tecnologia ao conhecimento popular em proporcionando desenvolvimento social (BARRETO; PIAZZALUNGA, 2012).

Ao fim da segunda hora de secagem observou-se um crescimento constante da temperatura que se manteve na média dos 49 °C até a oitava hora de secagem (período noturno). Durante as dez horas seguintes (da nona hora até à 19ª hora) secador apresentou as menores médias de temperatura mantendo a temperatura sem lenha na média de 26°C. Esta ficou acima, mas muito próxima, da temperatura do ambiente (20°C), a queda de temperatura noturna no secador artesanal foi constante durante todo o período sem aquecimento através da queima da lenha. O que demonstra que o secador durante a maior parte do tempo cumpriu seu papel mantendo a biomassa vegetal aquecida. Nas últimas três horas (período matutino) a temperatura aumentou ficando na média de 41 °C.

Na literatura encontra-se com frequência estudos sobre componentes voláteis presentes nos óleos essenciais, que via de regra são afetadas significativamente por altas temperaturas e pelo tempo de secagem (DE OLIVEIRA, 2011; ROSADO

et al., 2011). Já espécies com componentes glicosilados são mais resistentes ao aquecimento, com maracujazeiro, orienta-se não ultrapassar a temperatura máxima de 100 °C, porém devido a heterogeneidade das espécies essa recomendação é apenas aproximada (MULLER; HEINDL, 2006). Existem divergências sobre a temperatura ideal de secagem de muitas espécies, sendo que para *P. Incarnata* estudos indicam temperaturas acima de 60 °C, já os métodos oficiais, como o da farmacopeia brasileira, indicam temperaturas entre 45 e 60 °C (ANVISA, 2015; FUENTES et al., 2000). Contudo as temperaturas médias alcançadas pelo secador durante toda a secagem ficaram abaixo desta indicação, sendo que durante as 11h30 de secagem ativa (alimentada por lenha) a média da temperatura foi dentro do indicado não ultrapassando o limite recomendado (Tabela 1) (BRASIL, 2006; CORRÊA JUNIOR; SCHEFFER, 2013).

Tabela 1. Temperatura média diária (T), umidade relativa média diária (UR), temperatura máxima e mínima (°C), umidade relativa máxima e mínima (%) e tempo médio de secagem do secador artesanal avaliado com termo-higrômetro produzido com software Arduíno.

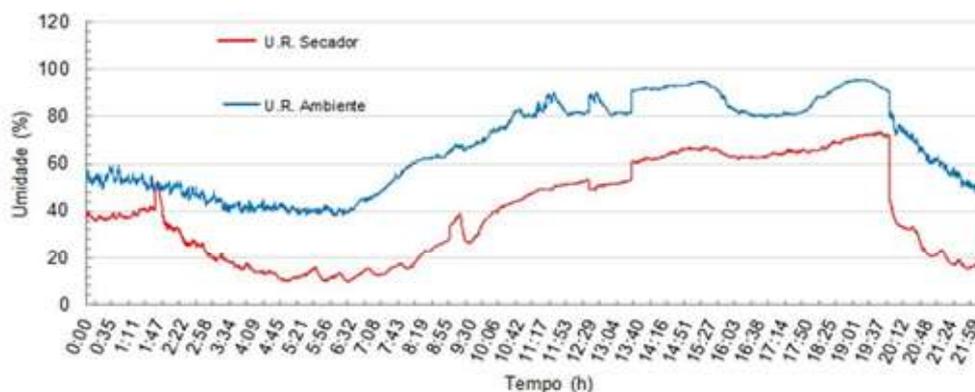
Local	T (°C)	U.R.(%)	T máxima e mínima (°C)	UR máxima e mínima (%)	Tempo médio de secagem
Secador	34,8	39,5	53,5-20,9	73,8 - 9,6	22h30
Ambiente	18,7	65,8	32,4 - 18,7	95,7 - 37,9	----

A grande variação de temperatura pode ser um fator que influencie a degradação dos flavonoides, contudo avaliando secagem em estufa de circulação de ar de *Passiflora edulis*, verificou-se que o aumento da temperatura e do tempo influenciaram significativamente na redução da massa e no aumento do teor de flavonoides totais expressos em quercetina (DE OLIVEIRA, 2011). Assim o controle da temperatura do secador através de um termo-higrômetro digital pode auxiliar na constância da temperatura durante a fase ativa da secagem.

O comportamento da umidade relativa do secador foi inversa ao da temperatura (Figura 3) (BEKKIOU et al., 2009; THOMAZINI, 2015). Durante as primeiras duas horas a umidade se manteve constante, na média de 39% e a do ambiente 53%. Ao fim da segunda hora (1 hora e 41 minutos) a umidade que estava em 40,3%

aumentou em 20 segundos para 50,2% mantendo-se alta durante cinco minutos e igualando-se a umidade externa por alguns minutos. Este aumento da umidade do ar do secador caracteriza, provavelmente, o momento em que a massa vegetal começou a perder água para o ambiente.

Figura 3. Umidade (%) interna e externa do secador na desidratação de *P. incarnata*.



Após este período a umidade volta a decrescer, atingindo novamente as menores porcentagens de umidade observadas (Tabela 1). Nesta fase a média da umidade do secador ficou abaixo de 30%, enquanto externamente a umidade média estava, no mesmo período, mais que o dobro. Durante o período noturno a umidade começa a aumentar chegando ao seu máximo valor tanto no secador como no ambiente. Contudo a umidade do secador nesse período ainda é mais baixa que a do ambiente, tendo respectivamente, médias de 54% e de 83%, indicando que mesmo sem o aquecimento da lenha o secador continua reduzindo a umidade da biomassa, visto que o ar atua como um sorvedor, evaporando a umidade interna e ao mesmo tempo absorvendo a umidade liberada na superfície do material vegetal a ser seco (CORNEJO, 1987). Na última fase da secagem no período matutino os valores de umidade relativa do secador decrescem ficando na média de 25%.

Foi verificado um grande interesse em aperfeiçoar gradativamente o processo de secagem de *P. incarnata* pelos produtores por ser um processo moroso e que demanda uma série de cuidados. Como também descrito na região Sul, produtores de plantas medicinais utilizam inicialmente locais de âmbito doméstico para realização da secagem da biomassa, como fogões a lenha da própria cozinha e ventiladores domésticos, mas com o tempo e retorno do investimento tratavam de fazer melhorias no processo. Utilizando secadores de bandeja móveis, a lenha, com sistema de corrediças com rodas que permite a saída e entrada dessas para fora do secador e termostato para controle da temperatura (MARQUES, 2009).

4. CONCLUSÕES

O trabalho contribuiu com a validação de uma tecnologia social de secagem de *P. incarnata*, ao analisar o desempenho do secador em relação a variáveis temperatura e umidade; observou que o método de desidratação elaborado pelos agricultores da região de Botucatu é adequado as recomendações de secagem da espécie, na maior parte do tempo. A inclusão de plataformas livres na produção do termo-higrômetro valoriza a autonomia e sustentabilidade tecnológica do secador artesanal, sendo o monitoramento essencial para o melhor desempenho do processo.

REFERÊNCIAS

ANVISA. *Monografia da espécie Passiflora incarnata Linnaeus (maracujá-vermelho)*. Monografia—BRASÍLIA: Ministério da Saúde, 2015.

ARAÚJO, A. et al. Caracterização socio-econômico-cultural de raizeiros e procedimentos pós-colheita de plantas medicinais comercializadas em Maceió, AL. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 11, p. 81–91, 2009.

BARRETTO, S.; PIAZZALUNGA, R. Tecnologias sociais. *Ciência e Cultura*, v. 64, n. 4, p. 4–5, 2012.

BRASIL, M., Pecuária e Abastecimento. *Boas Práticas Agrícolas (BPA) de plantas medicinais, aromáticas e condimentares*. 4. ed. BRASÍLIA: Marianne Christina Scheffer, Cirino Corrêa Júnior, 2006.

BEKKIOU, N. et al. Modelling of a solar wood dryer with glazed walls. *Maderas: Ciencia y tecnología*, v. 11, n. 3, p. 191–205, 2009.

CARDON, L.; DE CARVALHO, R. Métodos de coleta, secagem, armazenamento, destino e condições de transporte da carqueja e da espinheira santa na região metropolitana de Curitiba: *Revista Acadêmica - Ciências Agrárias e Ambientais*, v. 3, n. 1, p. 49–56, 2005.

CORNEJO, F. *Estudo dos parâmetros de secagem e construção de um secador de baixo custo para filés salgados de pescado*. Campinas, 1987, Universidade Estadual de Campinas.

CORRÊA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M. Boas práticas agrícolas (BPA) de plantas medicinais, aromáticas e condimentares, *EMATER*, 2013.

DA CUNHA, A.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. *Irriga*, v. 14, n. 1, p. 01, 2009.

DA FONSECA, E.; ALEXANDRE, S. *Tutorial sobre Introdução a Projetos Utilizando o Kit de Desenvolvimento Arduino*. XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Cobenge. **Anais...**Blumenau: FURB: 2011.

DAGNINO, R. A tecnologia social e seus desafios. *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, v. 1, p. 187–210, 2004.

DE OLIVEIRA, M. *Secagem e qualidade do óleo essencial de Pectis brevipedunculata (Gardner) Sch. Bip.* Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2011.

FUENTES, V.; LEMES, C.; RODRÍGUEZ, C. Instructivo Técnico del cultivo de *Passiflora Incarnata* L. *Rev Cubana Plant Med*, 2000.

MARQUES, F. *Velhos conhecimentos, novos desenvolvimentos: transições no regime sociotécnico da agricultura: a produção de novidades entre agricultores produtores de plantas medicinais no Sul do Brasil*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

MC ROBERTS, M. *Arduino básico*. Rafael Zanolli. São Paulo: Novatec Editora, 2011. 38 p.

MIRANDA, L.; SAMPAIO, F.; BORGES, J. RoboFácil: Especificação e Implementação de um Kit de Robótica para a Realidade Educacional Brasileira. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v.18, n.3, 2010.

MÜLLER, J.; HEINDL, A. Drying of medicinal plants. In: *Medicinal and aromatic plants*. Alemanha: R.J. Bogers, L.E. Craker and D. Lang, 2006. p. 237–252.

NGAN, A.; CONDUIT, R. A double-blind, placebo-controlled investigation of the effects of *Passiflora incarnata* (Passionflower) herbal tea on subjective sleep quality. *Phytotherapy research*, v. 25, n. 8, p. 1153–1159, 2011.

PACHÚ, C. *Processamento de plantas medicinais para obtenção de extratos secos e líquidos*. Tese (Doutorado). 2007. Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.

RAMOS, A.; DOS SANTOS, L.; FORTES, L. *Normais climatológicas do Brasil 1961-1990*.

THOMAZINI, L. *Estudo do comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar no interior de um secador solar misto de ventilação natural*. Dissertação de Mestrado. 2015. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.