



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE**  
**ALIMENTOS**

**PROSPECÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS E DA ATIVIDADE**  
**ANTIOXIDANTE DO FERMENTADO DE NONI (*Morinda citrifolia*)**

**MICHELLE MARANDUBA PEIXOTO**

**ITAPETINGA**  
**BAHIA-BRASIL**  
**2017**

**MICHELLE MARANDUBA PEIXOTO**

**PROSPECÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS E DA ATIVIDADE  
ANTIOXIDANTE DO FERMENTADO DE NONI (*Morinda citrifolia*)**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, como parte integrante das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências de Alimentos, área de concentração em Engenharia de Alimentos, para obtenção do título de mestre.

**Orientador** :DSc. Modesto Antonio Chaves

**Co-orientadores:** DSc. Marcondes Viana da Silva

DSc. Robert Smith

**ITAPETINGA  
BAHIA-BRASIL**

**2017**

634 Peixoto, Michelle Maranduba

P431p Prospecção de propriedades físicas e químicas e da atividade antioxidante do fermentado de noni (*Morinda citrifolia*). / Michelle Maranduba Peixoto. - Itapetinga: UESB, 2017.  
71p.

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, como parte integrante das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de concentração em Engenharia de Alimentos, para obtenção do título de mestre. Sob a orientação do Prof. D.Sc. Modesto Antonio Chaves e co-orientação do Prof. D.Sc. Marcondes Viana da Silva e Prof. D.Sc. Robert Smith.

1. Noni - Efeitos de processos. 2. *Morinda citrifolia* L. - Fermentação. 3. Antioxidante. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos. II. Chaves, Modesto Antonio. III. Silva, Marcondes Viana da. IV. Smith, Robert. V. Título.

CDD(21): 634

Catálogo na fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB/5-535  
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Noni - Efeitos de processos
2. *Morinda citrifolia* L. - Fermentação
3. Antioxidante



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Programa de Pós-Graduação  
Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos



Áreas de Concentração: Engenharia de Alimentos  
Ciência de Alimentos

### DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

**Título:** PROSPECÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS E DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO FERMENTADO DE NONI (*Morinda citrifolia*).

**Autor (a):** MICHELLE MARANDUBA PEIXOTO

**Orientador (a):** Prof.º Dr. Modesto Antonio Chaves

**Coorientadores:** Prof.º Dr.º Marcondes Viana da Silva  
Prof.º Dr.º Robert Smith

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRE EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE ALIMENTOS**, pela Banca Examinadora.

  
Prof.º Dr. Modesto Antonio Chaves (UESB)

  
Prof.º Dr. Luciano Brito Rodrigues (UESB)

  
Prof.º Dr. Leonardo Milani Avelar Rodrigues (UFLA)

Itapetinga-BA, 20 de fevereiro de 2017.

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”. (Marthin Luther King)*

Aos meus pais por serem minha motivação para nunca desistir.

Dedico!!

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço em primeiro lugar a Deus pelo dom da vida, por ter iluminado o meu caminho durante esta caminhada.*

*Aos meus pais, José e Ivone, meus maiores exemplos, pelo amor, apoio, incentivo, pelos ensinamentos que fizeram de mim o que sou hoje e principalmente pelas orações. Amo vocês!*

*À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) pela oportunidade e condições de realização do trabalho e pela experiência acadêmica.*

*Ao meu orientador Modesto Chaves a quem devo agradecer pela prontidão dispensada, nos momentos de tirar dúvidas e paciência que teve comigo durante o período que me acompanhou e que estivemos juntos realizando esse trabalho.*

*Aos co-orientadores Marcondes Viana e Robert Smith, pelas sugestões, apoio e incentivo para a realização do trabalho.*

*Aos membros da banca Luciano Rodrigues e Leonardo Milani por aceitarem fazer parte da avaliação deste trabalho.*

*Aos colegas do Laboratório de Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais (LABRA), por tornar os dias mais felizes, em especial a prof<sup>a</sup>. Kátia Iro e Dhiéssica.*

*À Marcilha, Tássia, Lys e em especial a Laíse Teles por toda ajuda na elaboração desse trabalho. Essa vitória é nossa!!*

*À Simone Andrade Gualberto pela disponibilidade em ceder seu laboratório para realização de parte das análises, bem como por todo conhecimento transmitido.*

*Aos amigos do Laboratório de Pesquisa de Produtos Naturais (LAPRON), em especial a Marcel Mark e Cleia Teixeira pela ajuda na realização das análises.*

*Aos amigos conquistados durante o mestrado em especial a Letícia Aguiar por sempre está presente, dividindo comigo ideias, dúvidas, momentos de alegria e tristeza.*

*À Virginia e Dona Zete pelas palavras de apoio, pela amizade e auxílio.*

*À Fabíola e Arly, as irmãs que Deus colocou em minha vida, graças à presença delas foi mais fácil transpor os dias de desânimo e cansaço.*

*Aos meus amigos, em especial Manuela, Rui, Heloa, Sâmia, Taylana e Rodrigo pela preocupação, palavras de apoio e por me entenderem quando fui ausente.*

*A Dicastro Dias por toda ajuda na estatística, me mostrando que sempre existe uma luz no fim do túnel, bem como a Neto Andrade pela disponibilidade em me ajudar, mostrando que eu sempre era capaz quando o desespero bateu.*

*À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.*

*A todos que por ventura não tenham sido citados, mas que com certeza contribuíram de forma significativa para a realização deste trabalho.*

*Muito Obrigada!!*

## RESUMO

PEIXOTO, M. M. **Prospecção de propriedades físicas e químicas e da atividade antioxidante do fermentado de noni (*Morinda citrifolia*)** Itapetinga – BA: UESB, 2017. 71p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos).\*

O Noni é uma fruta que foi recentemente introduzida no Brasil como uma matéria-prima com forte apelo comercial devido a todas as características benéficas a ele atribuídas e os benefícios relacionados ao seu consumo. Diante do exposto o trabalho temos como objetivos determinar o efeito da fermentação e da liofilização sobre as propriedades físico-químicas do fermentado noni (*Morinda citrifolia*) bem como sua atividade antioxidante. O trabalho foi conduzido nos Laboratórios de Propriedades Físicas dos Alimentos e Fisiologia pós-colheita localizados no Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias (CEDETEC) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, campus de Itapetinga, BA. Os frutos de Noni (*Morinda citrifolia*) foram adquiridos diretamente com o produtor em uma fazenda no município de Maiquinique - BA e transportados até o laboratório onde foi feita pré-seleção, higienização e sanitização. O processamento constou de despulpamento para a remoção das cascas e sementes, fermentação e liofilização. A polpa in natura e o fermentado, depois de liofilizado foram submetidos a caracterização físico-química sendo analisadas as seguintes variáveis: atividade de água, cinzas, umidade, pH, cor, bem como sua atividade antioxidante, onde foi observado que o fator tempo não influenciou nos parâmetros e o modelo que mais se ajustou foi o linear. Assim podemos concluir que o noni é rico em atividade antioxidante, trata-se de um fruto ácido, alta porcentagem de umidade.

**Palavras chave:** efeitos de processos, fermentação, *Morinda citrifolia* L.

---

\*Orientador: **DSc.** UESB. Modesto Antônio Chaves; Co-orientadores: **DSc.** UESB. Marcondes Viana da Silva; **DSc.** FDA, Robert Smith.

## ABSTRACT

PEIXOTO, M. M. **Prospecting of physical and chemical properties and antioxidant activity of noni (*Morinda citrifolia*)**. Itapetinga – BA: UESB, 2015. 71 p. (Dissertation – Master’s in Engineering and Food Science).\*

Noni is a fruit that was recently introduced in Brazil as a raw material with strong commercial appeal due to all the beneficial characteristics attributed to it and the benefits related to its consumption. In view of the above, the objective of this work is to determine the effect of fermentation and lyophilization on the physico-chemical properties of noni (*Morinda citrifolia*) and its antioxidant activity. The work was carried out in the Post-Harvest Physiology and Physical Food Properties Laboratories located at the Center for the Development and Dissemination of Technologies (CEDETEC) of the State University of Southwest of Bahia - UESB, campus of Itapetinga, BA. The fruits of Noni (*Morinda citrifolia*) were purchased directly from the producer on a farm in the municipality of Maiquinique - BA and transported to the laboratory where pre - selection, sanitation and sanitation were carried out. The processing consisted of pulping for the removal of the husks and seeds, fermentation and lyophilization. The pulp in natura and the fermented, after freeze-dried were submitted to physical-chemical characterization and the following variables were analyzed: water activity, ash, moisture, pH, color, as well as its antioxidant activity, where it was observed that the time factor did not influenced the parameters and the model that fit the most was linear. Thus we can conclude that noni is rich in antioxidant activity, it is an acid fruit, high percentage of moisture.

**Key words:** Process effects, fermentation, *Morinda citrifolia* L.

---

\* Advisor: **DSc.** UESB. Modesto Antônio Chaves; Co-advisor: **DSc.** UESB. Marcondes Viana da Silva; **DSc.** FDA, Robert Smith.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Soluções padrão diluídas com ácido gálico. ....	39
Tabela 2. Caracterização físico-química do noni in natura. ....	41
Tabela 3. Caracterização físico-química do noni fermentado e noni liofilizado. ....	42
Tabela 4. Caracterização centesimal do noni in natura. ....	47
Tabela 5. Caracterização centesimal do noni fermentado e noni liofilizado. ....	47
Tabela 6. Parâmetros de cor CIELab para o noni in natura submetida a diferentes tratamentos. ....	53
Tabela 7. Teores de fenólicos totais (expressos em equivalente de ácido gálico) presente no extrato etanólico de polpa de nono (Morinda citrifolia). ....	54
Tabela 8. Concentração de EC <sub>50</sub> encontrado no fruto do noni. ....	59
Tabela 9. Concentração de Trolox encontrado no fruto do noni. ....	60

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Frutos de noni ( <i>Morinda citrifolia</i> ).....	17
Figura 2 .Produtos de noni (suco, fruta seca em pó, extrato) .....	18
Figura 3. Estabilização do radical livre DPPH.....	34
Figura 4. Redução do radical ABTS por um antioxidante. ....	30
Figura 5. Liofilizador Terroni do Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos do CEDETEC/UESB.....	34
Figura 6. Fermentador usado no experimento .....	34
Figura 7. Aqualab digital de bancada 4TEV (DecagonDevices) do Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos do CEDETEC/UESB. ....	35
Figura 8. pHmetro Hanna do Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos do CEDETEC/UESB.....	36
Figura 9. Colorímetro ColorQuest Xe do Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos do CEDETEC/UESB.....	36
Figura 10. Determinação do antioxidante pelo método DPPH. ....	34
Figura 11. Determinação dos fenólicos totais no extrato etanólico.....	39
Figura 12. Determinação de antioxidante pelo método ABTS.....	40
Figura 13. Relação entre tempo e pH do noni fermentado .....	43
Figura 14. Relação entre tempo e pH do noni liofilizado.....	44
Figura 15. Relação entre tempo e Aw do noni fermentado.....	45
Figura 16. Relação entre tempo e Aw do noni liofilizado.....	46
Figura 17. Relação entre tempo e cinzas do noni fermentado.....	49
Figura 18. Relação entre tempo e cinzas do noni liofilizado.....	50
Figura 19. Relação entre tempo e umidade do noni fermentado .....	51
Figura 20. Relação entre tempo e umidade do noni liofilizado.....	52
Figura 21. Escala de cor CIELAB .....	53
Figura 22. Curva de calibração para dosagem de fenólicos totais.....	54
Figura 23. Atividade antioxidante avaliada pelo método DPPH.....	56
Figura 24. Absorbância do noni in natura pelo método DPPH. ....	57
Figura 25. Atividade antioxidante in natura pelo método DPPH.....	57
Figura 26. Atividade antioxidante com 24 dias pelo método DPPH.....	58
Figura 27. Absorbância do noni com 24 dias pelo método DPPH.....	58

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	17
2.1. O Noni .....	17
2.2. Liofilização .....	19
2.3. Fermentação.....	20
2.4. Propriedades do noni .....	24
2.5. Antioxidantes.....	28
2.5.1. Métodos de Determinação da capacidade antioxidante in vitro .....	29
2.5.2. Compostos Fenólicos Totais.....	31
3. OBJETIVO GERAL.....	32
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	32
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.1. Liofilização .....	33
4.2. Fermentação.....	34
4.3. Atividade de água .....	35
4.4. Teor de água .....	35
4.5. pH .....	35
4.6. Cor .....	36
4.7. Cinzas .....	36
4.8. Atividade Antioxidante.....	37
4.8.1 Determinação da Capacidade Antioxidante .....	37
4.8.2. Método de sequestro de radicais livres de DPPH • .....	37
4.8.3 Determinação do Teor de Compostos Fenólicos Totais .....	38
4.8.4 Determinação de atividade antioxidante total(AAT) pelo método ABTS .+.....	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	41
5.1 Análise físico-químicas .....	41

## ÍNDICE

5.2 Composição centesimal.....	46
5.3 Cor.....	52
5.4. Fenólicos totais .....	54
5.5. Atividade antioxidante utilizando o radical DPPH • .....	55
5.6. Atividade antioxidante pelo método ABTS .+ .....	60
6. CONCLUSÃO.....	61
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62

## 1. INTRODUÇÃO

O fruto de noni é composto por 90% de água, e muitos dos seus componentes da matéria seca são de sólidos solúveis, fibras dietéticas e proteínas. A composição proteica do suco de noni corresponde a aproximadamente 11,3% da matéria seca. Enquanto os minerais correspondem a 8,4% da matéria seca, e se constituem principalmente de potássio, cálcio, fósforo e traços de selênio (Desai & Gaikwad 2010).

O emprego tradicional do noni pelos polinésios está atribuído aos efeitos relacionados com atividade antibacteriana, antiviral, antifúngica, antitumoral, anti-helmíntica, analgésica, antiinflamatória, hipotensora e imunoestimulante, sendo o fruto usado há mais de 2000 anos (Wang *et al.* 2002). O Noni é considerado fonte de vitamina C e compostos fenólicos, responsáveis pela atividade antioxidante, os quais contribuem para os efeitos benéficos à saúde (Dussossoy *et al.* 2011).

A fruta e o suco feito de noni são usados em medicinas alternativas para tratar a artrite, diabetes, pressão alta, dores musculares, problemas menstruais, dores de cabeça, doenças cardíacas, AIDS, câncer, úlceras gástricas, entorses, depressão mental, senilidade, má digestão, aterosclerose, problemas dos vasos sanguíneos, e da toxicodependência. Também tem sido demonstrado que o noni possui atividade anticancerígena, antifúngica, neuroprotetor, ansiolítica e sedativo. Ele pode também beneficiar o sistema imunológico e ativar o receptor canabinóide 2, enquanto que inibe o receptor de canabinóide 1. Infelizmente, muitos suplementos alimentares diferentes a base de noni não são bem controlados, então não há nenhuma garantia de que eles são genuínos (Smith *et al.* 2014).

No Brasil, ainda não há diretrizes, ou estímulos, governamentais para estudos sobre esta cultura. Mundialmente, foi fundada, em 2006, a Word Noni Research Foundation com a missão de padronizar e popularizar o cultivo orgânico de Noni para obter uma produção sustentável criando, assim, segurança da subsistência da comunidade agrícola e validando ações terapêuticas de Noni e criando a consciência de bem-estar entre as pessoas para fornecer a segurança da saúde em 2020.

O governo australiano financiou um estudo com objetivo de investigar o potencial para poder agregar valor industrial aos produtos de noni. Os pesquisadores deste estudo examinaram a literatura existente sobre a planta e seu extrato além do suco e foram avaliadas as melhores práticas agronômicas, o processo de fermentação e os supostos efeitos terapêuticos. Um relatório de pesquisa de mercado independente sobre o mercado global de suco de noni foi incluído indicando oportunidades de mercado e potencial de retorno para os produtores australianos. Os pesquisadores concluíram que mais pesquisas serão necessárias para explorar o potencial desta cultura para o sucesso do cultivo e para maior rentabilidade.

Algumas áreas da necessidade de pesquisas futuras, citadas por este estudo incluem: custos de produção e retorno e análise das margens brutas; identificação da microflora e os mecanismos de ação envolvidos no processo de fermentação anaeróbica relatados; análise da composição de macro e micro nutrientes; pesquisa significativa para confirmar a bioatividade dos vários produtos, incluindo estudos em animais e ensaios clínicos (Macpherson *et al.* 2007).

Segundo Macpherson *et al.* (2007), o suco de noni é atualmente produzido comercialmente diretamente como suco puro ou como uma mistura com outros sucos. Este suco pode ser engarrafado com, ou sem, a pasteurização. Em conjunto com o seu aumento em popularidade, o suco de noni foi recentemente aceito pela União Europeia (UE) como novo alimento (Comissão Europeia, Comitê Científico da Alimentação, 2002). No momento, há uma quantidade limitada de literatura científica publicada sobre noni, em particular o processo de fermentação.

No sudeste da Ásia o suco de noni fermentado é bastante popular. Para o processo de fermentação natural as frutas de noni maduras são lavadas, e despolpadas ou inteiras são armazenadas em recipientes. Em algumas ocasiões ocorre adição de água. Com o passar do tempo, o suco é separado naturalmente da polpa da fruta. Transcorrido o tempo o suco é filtrado e engarrafado em recipientes de vidro ou plástico, armazenado em temperatura ambiente sem pasteurização. Entretanto, há relatos de casos de fermentação em 10 ou 12 dias, no Havaí.

De acordo com Peyrat (2000), antioxidantes são substâncias que retardam a velocidade da oxidação, através de um ou mais mecanismos, tais como inibição de radicais livres e complexação de metais. Eles podem ser sintéticos ou naturais e, para serem utilizados em alimentos, devem ser seguros para a saúde. Alguns dos antioxidantes sintéticos mais importantes são hidroxianisol de butila (BHA) e o hidroxitolueno de butila (BHT), já entre os naturais destacam-se ácido ascórbico, vitamina E e  $\beta$ - caroteno (RICE-EVANS *et al.*, 1996).

Os antioxidantes estão sendo muito estudados por se associarem à redução de risco de muitas doenças. Busca-se cada vez mais o consumo de alimentos que tragam benefícios a saúde e os compostos antioxidantes são muito estudados exatamente pelos seus benefícios ao organismo. Por isso a importância de estudar os alimentos e conhecer sua capacidade antioxidante.

Apesar do fato de que o noni tem sido usado como uma planta medicinal há séculos, as investigações científicas sobre suas propriedades medicinais começaram há mais de 50 anos atrás (Dixon *et al.* 1999). O pequeno número de pesquisas publicadas é desproporcional com a enorme popularidade desta planta e sua percepção de benefícios para a saúde. Como resultado, a otimização das práticas de manejo agrícola e pós-colheita, e tecnologias de

processamento têm sido largamente negligenciados. Este trabalho pretende, portanto, contribuir para o preenchimento desta lacuna estudando o efeito da fermentação sobre as propriedades físico-químicas e da atividade antioxidante do noni (*Morinda citrifolia*).

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. O Noni

O noni é uma fruta que foi recentemente introduzida no Brasil, como uma matéria-prima com forte apelo comercial devido a todas as características benéficas a ele atribuídas e os benefícios relacionados ao seu consumo, o fruto é originário do sudeste da Ásia, é uma pequena árvore do grupo da família das rubiáceas, seu uso é disseminado em forma de suco, chás ou em cápsulas sendo utilizado para fins medicinais com pouco estudo conhecido (Matoso *et al.* 2013). Apesar dessas propriedades, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) proibiu a comercialização de produtos de noni no Brasil, pois segundo a agência, as informações sobre a composição físico-química e teor nutritivo do produto não são suficientes para garantir a segurança do seu consumo (Porto *et al.* 2011).

O fruto de noni é de formato ovalado, suculento e apresenta várias sementes por fruto. Quando verde, tem coloração da casca verde, e quando de vez, a cor da casca torna-se amarela esbranquiçada. Possui uma polpa carnuda e amarga de coloração esbranquiçada, e quando madura exala um cheiro forte e rançoso (Matoso *et al.* 2013). É muito comercializado em várias partes do mundo tanto na forma de suco quanto em cápsulas contendo o pó da fruta (Figura 1) (Gupta & Patel 2013).



**Figura 1.** Frutos de noni (*morinda citrifolia*).

Há muita variedade genética dentro das espécies de noni (Nelson, 2013). Existem pelo menos três variedades ou cultivares, *M. citrifolia* var *citrifolia*, *M. citrifolia* var *bractea* e *M. citrifolia* cultivar 'Potteri'. O noni pode tolerar uma ampla variedade de solos e ambientes, mas

não pode tolerar temperaturas abaixo de 12°C (Nelson, 2013), Ele pode crescer em solos inférteis, ácidos e alcalinos e está ambientado em quase todo local, desde áreas muito secas até muito molhadas. Ou seja, ele cresce naturalmente em locais relativamente secos a moderadamente úmidos, bem como em áreas de várzea perto de linhas costeiras. Ele pode até mesmo sobreviver a secas por seis meses ou mais. É também uma espécie de floresta sub-bosque importante nas florestas das ilhas do Pacífico e florestas tropicais de baixa elevação. O Noni também pode tolerar condições de vento, incêndios, inundações, e solos salinos. Embora não seja considerado tão invasivo que ameace ecossistemas, ele é tratado como uma erva daninha em alguns contextos e, é muito persistente e difícil de matar. É também uma das primeiras plantas a colonizar áreas duras de resíduos ou fluxos de lava (Nelson, 2013).

Todas as partes da planta têm usos tradicionais e/ou modernos, incluindo as raízes e casca (corantes, medicina), troncos (lenha, ferramentas), e folhas e frutos (alimentos, medicamentos) (Nelson, 2013), O noni tem sido utilizado na medicina popular a mais de 2.000 anos por polinésios, de onde pode ter se originado (Razafimandimbison, et al., 2010). As populações das Ilhas Andaman e Nicobar na Índia, bem como os polinésios e taitianos no Pacífico têm usado os frutos maduros e verdes, como alimento e medicamento (Rethinam et al., 2007).

A variedade ou cultivar mais comum de fruta noni é o de frutos grandes *M. citrifolia* var. *citrifolia* (Razafimandimbison, et al., 2010). Há também uma cultivar de frutos pequenos *M. Citrifoliavar. Citrifolia* (conhecida como lada em Micronesiano) que parece estar confinada a Micronésia. Outras variedades de *M. citrifolia* têm distribuições mais restritas: *M. citrifolia* var. *potteri* pode ser encontrada no Pacífico, enquanto *M. citrifolia* var. *bracteata* existe na Índia e Austrália.

De acordo com Joshi et al. (2012), os frutos de noni são comestíveis, mas não tem um sabor agradável ou cheiro. Desta forma, uma variedade de produtos da fruta Noni são processados e preparados por diversos métodos (Figura 2), com adição de açúcar, ácidos, especiarias e condimentos, o que ajuda a reduzir o mau cheiro da polpa.



**Figura 2.**Produtos de noni (suco, fruta seca em pó, extrato)

Um dos produtos mais importantes e populares é o suco de Noni Taitiano que foi aceito pela União Europeia como novo alimento (Rethinam et al., 2007; European Scientific Commission on Food, 2002). Trata-se de uma mistura de suco de frutas, que consiste em 89% de fruta Noni (*Morinda citrifolia*, L.) e 11% de suco de uva e de mirtilo concentrados, juntamente com pequena quantidade de aromas naturais (European Scientific Commission on Food, 2002). Sugere-se que o nível adequado de consumo deste produto é de 30 ml/dia (European Scientific Commission on Food, 2002). Na produção deste suco, frutos de noni são colhidos manualmente, e as sementes e pele são separadas mecanicamente da polpa de fruta. Após a pasteurização, o purê é embalado em recipientes assépticos para a expedição. O purê é reconstituído e misturado com suco de uva concentrado, concentrado de suco de mirtilo e sabores naturais. Os sucos misturados resultantes são pasteurizados (87,7°C durante três segundos) e engarrafados (European Scientific Commission on Food, 2002). Nos EUA, em 2001, uma média de 46603 pessoas por mês comprava este suco. 73,7% deles compraram quatro garrafas por mês. Supondo-se que o comprador é o único dos consumidores, isto é equivalente a um consumo diário de 133 mL. Ainda alguns (10,4%) adquirem oito garrafas (equivalente a 267 ml por dia), 4,2% compraram 12 garrafas e 2,2% compraram 16 garrafas por mês (European Scientific Commission on Food, 2002). Há também um suco de noni concentrado feito na Tailândia, chamado BCTY ou suco bioativo concentrado de Yor tailandês, desde que Yor é o nome tailandês para noni (Nandhasri et al., 2011).

## **2.2.Liofilização**

A liofilização é um processo de desidratação em que água é removida do alimento previamente congelado e passa diretamente do seu estado sólido para o estado de vapor (Baldi *et al.* 2012). A técnica consiste em três principais estágios (Daraoui *et al.* 2010): 1- Congelamento: o produto é congelado a temperaturas inferiores a -18° C . O desempenho e qualidade da liofilização dependem principalmente desse estágio, uma vez que o tamanho dos cristais de gelo formados define muitos parâmetros que caracterizam a transferência de calor e massa do produto; 2- Secagem primária: a água congelada é removida por sublimação e é removido cerca de 90% da umidade inicial do produto; 3- Secagem secundária: é a retirada da água que está ligada à estrutura do material quando não existe mais água na forma de gelo. Já que o teor de água é menor ocorre numa velocidade também menor que a sublimação e isso é devido a se aumentar a temperatura para 20 a 50°C e mantendo a pressão absoluta de 2mmHg isso irá a ajudar a manter a estabilidade do produto por mais tempo.

A liofilização é um processo caro, sendo recomendado para produtos termo sensíveis obtendo uma melhor qualidade comparada a outras técnicas de secagem (Savo *et al.* 2012).

Dados os custos significativos da produção de produtos liofilizados (equipamento, utilidades, etc.), e o desejo de reduzir o tempo de desenvolvimento dos ciclos para facilitar a disponibilidade do produto ao mercado consumidor, a capacidade de reduzir tanto o tempo de preparo para os ciclos quanto os próprios ciclos de liofilização geram maior expectativa em relação à diminuição de custos e menor tempo de desenvolvimento do produto na indústria atual. Baseado no conhecimento da temperatura crítica de formulação (transição vítrea  $T_v$ , ou temperatura de colapso,  $T_c$ ) o alvo é controlar o fluxo de calor para o produto, evitando situações onde a temperatura do produto exceda a temperatura crítica de formulação. Ao exceder esta temperatura, a estrutura do produto liofilizado poderá descongelar ou entrar em colapso, a qual afetaria diretamente a qualidade do produto liofilizado.

O calor é geralmente controlado através da temperatura da prateleira, e o processo requer que o pesquisador realize pequenas alterações da temperatura da prateleira para analisar o impacto direto na temperatura do produto. Este processo é repetido até que o pesquisador encontre a temperatura da prateleira que precisamente estabelece a temperatura crítica de formulação do produto, comumente controlado entre 3 a 5°C abaixo desta margem crítica como medida de segurança. Todavia, salientamos a importância de não deixar que esta margem de segurança se torne muito grande, sendo que a cada 1°C a mais durante a liofilização, o ciclo primário poderá ser reduzido em até 13%. Na prática, as experiências mostram que em média poderão ser realizados entre oito a dez tentativas (ou até mais) e uma média de 60 dias para desenvolver o ciclo de liofilização para apenas um produto (Sever, 2010).

Felizmente, existe uma tecnologia mais eficiente e de menor custo (SMART) disponível para o desenvolvimento e otimização de ciclos. A tecnologia SMART foi desenvolvida pela Universidade de Connecticut e a Universidade de Purdue (Searls, et al, 2001) através do Centro de Pesquisa de Processos Farmacêuticos (CPPR) e foi usada neste trabalho, nos experimentos piloto.

### **2.3.Fermentação**

Os produtos que passaram pelo processo de fermentação estão entre os mais antigos alimentos processados e fazem parte da cultura alimentar de muitos países sendo ainda hoje, um dos principais setores da indústria de processamento de alimentos. A técnica de fermentação constitui um processo que origina diversas alterações químicas, biológicas e enzimáticas nos alimentos.

Segundo Fellows (2006), as principais vantagens da fermentação como método de processamento de alimentos são:

- ✓ Produção de alimentos que possuem características sensoriais que não podem ser obtidos por outros métodos;
- ✓ Baixo consumo de energia;
- ✓ Custo operacional relativamente baixo;
- ✓ Tecnologias relativamente simples.

O crescimento da contagem de microrganismos, durante a fermentação ocorre em uma série de fases. Durante a fase exponencial o crescimento celular é constante. A taxa de crescimento eventualmente declina devido à escassez de nutrientes e/ou acúmulo de metabólitos no meio. O aumento da concentração de substrato em geral resulta em um aumento do crescimento celular e a taxa de formação de metabólitos primários é determinada pela taxa de crescimento celular (Fellows, 2006).

Fellows (2006) classifica os microrganismos que produzem um único metabólito principal sendo denominados homofermentativos e os que produzem metabólitos diversos são denominados heterofermentativos. As fermentações são classificadas de acordo com os principais produtos fornecidos e as mais importantes são as lácticas, cujos produtos principais são ácidos orgânicos; e as etílicas cujos produtos primários são etanol e dióxido de carbono. Muitas fermentações envolvem uma grande diversidade de microrganismos diferentes ou populações microbianas que se formam à medida que ocorrem mudanças no meio, como variações de pH, no potencial redox ou disponibilidade de substratos.

No sudeste da Ásia o suco de noni fermentado é bastante popular. Para o processo de fermentação espontânea as frutas maduras são lavadas, e despulpadas ou inteiras são armazenadas em recipientes. Em algumas ocasiões ocorre adição de água. Com o passar do tempo, o suco é separado naturalmente da polpa da fruta. Transcorrido o tempo o suco é filtrado e engarrafado em recipientes de vidro ou plástico, armazenado em temperatura ambiente sem pasteurização (Nelson, 2006).

Com a fermentação, os açúcares no suco do noni são convertidos a ácidos orgânicos que resultam na redução do pH e elevação da acidez, tornando-se menos doce e mais ácido. Alguns dos ácidos orgânicos produzidos são quimicamente muito interessantes e exóticos. Estes ácidos orgânicos podem ter algum valor a ser descoberto em pesquisas futuras (Ram, 2003).

Chung et al (2009) avaliaram a viabilidade de noni como substrato para a produção de suco de noni probiótico para bactérias lácticas (*Lactobacillus plantarum* e *Lactobacillus casei*) e bifidobactérias (*Bifidobacterium longum*). As mudanças no pH, acidez, teor de açúcar, a sobrevivência da célula e propriedades antioxidantes durante a fermentação foram monitoradas. Todas as cepas testadas cresceram bem em suco de noni, atingindo cerca de 10<sup>9</sup>

unidades formadoras de colônias/mL após 48h de fermentação. *L.casei* produziu ácido láctico em menor quantidade do que *B.longum* e *L. plantarum*. Após 4 semanas de armazenamento refrigerado a 4 °C, *L. plantarum* e *B.longum* sobreviveram em condições de baixo pH em suco de noni fermentado. Em contraste, *L.casei* não exibiram viabilidade das células ao fim de 3 semanas. Além disso, o suco de noni fermentado com *B.longum* apresentou uma elevada capacidade antioxidante que não diferem significativamente ( $P < 0,05$ ) das bactérias do ácido láctico. Estes autores descobriram que *B.longum* e *L. plantarum* são os probióticos ideais para fermentação com suco de noni.

Extração e caracterização de composições antioxidantes partir de extratos de suco fermentado de noni (*Morinda citrifolia* L.) foram estudados por Liu et al (2005). Os componentes antioxidantes de extratos liofilizados de suco fermentado naturalmente foram isolados com sucesso pelo éter de petróleo, AcOEt e solventes n-BuOH e os efeitos antioxidantes foram medidos de acordo com a atividade de eliminação contra hidroxila gerado no sistema de reação Fenton e ânion superóxido radicais no sistema de auto oxidação pyrogallol. O extrato de EtOAc exibiu significativamente maior ( $P < 0,01$ ) atividade antioxidante do que o manitol ou a vitamina C, enquanto que o éter de petróleo e extratos de n-BuOH apresentaram atividades mais baixas em comparação com o manitol. Três compostos fenólicos antioxidantes, escopoletina, aesculetin e 3, 3', 4', 5, 7-pentahydroxyflavone (quercetina) foram isoladas, pela primeira vez, a partir do extrato de EtOAc através de várias técnicas de cromatografia. Os resultados sugerem que os vários compostos, em particular, os compostos fenólicos, contribuem separadamente ou em sinergia com a atividade antioxidante de suco de noni fermentado.

No método de fermentação tradicional, o fruto é colhido quando está começando a amadurecer, o que é determinado pela mudança de cor de verde para amarelo pálido e parcialmente translúcido, fase em que o cheiro forte característico começa a se desenvolver. Uma vez que o fruto é colhido, ele amadurece muito rapidamente geralmente dentro de 12 a 36 horas (Russell, 2000). Qualquer fruta que estiver danificada ou doente deve ser rejeitada. Os frutos imaturos verdes são geralmente rejeitados, pois, utilizando-os, parece resultar em um sabor mais áspero e amargo no produto (Newton, 2003). O fruto é lavado e secado então colocado em recipientes de fermentação (por exemplo, vidro, aço inoxidável ou plástico), por um período mínimo de 8 semanas até cerca de 6 meses (Newton, 2003; Russell, 2000). Em algumas operações comerciais é extraída a polpa do fruto antes da colocação em vasos de fermentação. Os recipientes são então selados para manter um ambiente anaeróbico.

No final do período de fermentação uma grande percentagem da fruta desaparece no suco. O fruto restante é pressionado para separar a polpa restante, e o suco é muitas vezes

deixado para descansar antes de decantação. De outro modo, dependendo dos requisitos de mercado, o suco pode ser filtrado para remover qualquer sedimento restante. O suco de noni última prateleira estável puro é muitas vezes referido como suco fermentado. Quanto mais tempo o fruto é envelhecido quanto mais escuro o suco torna-se (por exemplo, marrom escuro ao preto), e o sabor torna-se mais suave e mais moderado, um processo que Newton (2003), compara com o envelhecimento de um vinho fino.

Uma ligeira variação para o método anterior envolve a adição de água ao fermentador, antes de selar e deixar no sol por alguns dias (Mc Clatchey, 2000). Posteriormente, o líquido é drenado e a polpa de fruta e água remanescente são prensados. De acordo com Ram (2003) este processo de fermentação, é mais uma putrefacção (decomposição) e o suco de noni é geralmente comercialmente produzido desta maneira. No entanto, este líquido não é um suco de noni puro já que foi adicionado água. A cor do suco varia do branco ao amarelo claro.

Ram (2003) relata que a fermentação do suco de noni é uma fermentação bacteriana com nenhuma levedura aparentemente envolvida. Este autor sugere que, no meio de fermentação, os açúcares no suco do noni são transformados em ácidos orgânicos, causando redução no pH para cerca de 3,5 ou menos. Ram (2003) também indica que não existe uma quantidade significativa de álcool produzido pela fermentação. Dixon et al. (1999), por outro lado, relatam que o suco de noni fermentado contém álcoois metílicos e etílicos.

Já a putrefacção é uma decomposição microbiana complexa, geralmente por via anaeróbia de alimentos não ácidos ou levemente ácidos, em geral, ricos em proteínas (Kyzlink, 1990). O material que é afetado por putrefacção tem um odor repulsivo, sofre descoloração marrom e outras mudanças de cor, e, finalmente, se deteriora. O material é alcalinizado e produz gases, tais como o amoníaco, o dióxido de carbono e sulfureto de hidrogénio são produzidos. Todos os alimentos naturalmente ácidos, tais como a maior parte dos frutos com um pH inferior a cerca de 4, são protegidos contra a putrefacção (Kyzlink, 1990). Alimentos não- ácidos podem ser protegidos contra a putrefacção por acidificação artificial, preventiva com ácidos orgânicos; tal acidificação é usada, por exemplo, em vegetais em conserva.

A fermentação do ácido butírico, também é um processo anaeróbio. Os microrganismos são responsáveis por utilizar açúcar, pectina, amido, proteínas e ácido láctico em baixas concentrações e produzir grandes quantidades de gases (Kyzlink, 1990). Os organismos podem tolerar acidez bastante elevada, gama de pH de 4,2 a 4,7, e converter o ácido láctico em ácido butírico, que é muito menos eficaz na inibição de microrganismos causadores de deterioração, especialmente os mofos (Kyzlink, 1990). Na fermentação normal, a fermentação butírica é dificultada pela rápida ascensão de acidez, mas pode aparecer a

qualquer momento que o pH do produto (especialmente vegetais) subir acima de 4,2, por exemplo, devido à atividade de vários micróbios acidificantes.

De acordo com Mcpherson (2007), há muito pouca literatura científica disponível sobre o processo de fermentação do suco de noni. A literatura mais recente disponível sobre noni é impulsionada pelo potencial comercial de noni entre o crescente número de "medicamentos naturais" e "alimentos saudáveis". Ainda segundo este autor, é difícil determinar a partir da pouca literatura disponível e relatos conflitantes, se o método de 'envelhecimento tradicional' de processamento de suco de noni, relatado como um processo de fermentação anaeróbia é realmente uma fermentação do ácido láctico ou um processo de putrefação.

Outras investigações científicas são necessárias para identificar as micro floras envolvidas no processo de fermentação anaeróbica e seus mecanismos de ação, a fim de determinar os processos biológicos envolvidos. Isto pode permitir o desenvolvimento de parâmetros de processamento significativamente melhorados e refinados, incluindo o desenvolvimento de uma cultura potencial de arranque, que pode ser usada como um auxiliar do processamento na fabricação de sucos de noni. Posteriormente, um produto com uma qualidade consistente tem mais potencial para produzir novos negócios em um mercado competitivo proporcionando mais oportunidade para o sucesso do negócio. Alternativamente, poderia ser prensado o suco fresco da fruta noni, sem fermentação. Este produto envolveria muito menos processamento, menores custos de produção e melhoraria o sabor e cheiro devido ao ácido butírico reduzido. Uma proposta para resolução do problema do sabor estaria no consumo do produto em pó.

#### **2.4. Propriedades do noni**

O efeito da temperatura sobre as propriedades físicas do suco de noni com três concentrações diferentes de sólidos solúveis (5, 10 e 15 °Brix) foi investigada por Kumoro et al. (2011). Encontrou-se que o índice de fluxo e a condutividade térmica aumentaram com o aumento da temperatura. Por outro lado, a densidade do suco e o coeficiente de consistência diminuíram com o aumento da temperatura. O aumento da concentração de sólidos levou ao aumento a densidade do suco e do coeficiente de consistência, mas reduziram o índice de fluxo e condutividade térmica.

Lee et al. (2012), estudaram os efeitos antidiabéticos, no diabetes Melituls tipo II (DM2), de *Morinda citrifolia* (MC) e MC fermentado por pasta de soja em camundongos de seis semanas de idade. Seus resultados sugerem que a FMC pode ser utilizado como um alimento funcional para de gestão de DM2. O fermentado utilizado foi obtido aquecendo-se o

pó seco de *M. citrifolia* a 83°C por 4 horas com 1% de pasta de soja (utilizada para iniciar a fermentação) inoculados com *Bacillus* sp. (KCTC 11351BP), *Bacillus subtilis* (KCTC 11352BP), *Bacillus sonolensis* (KCTC 11354BP), *Bacillus circulans* (KCTC 11355BP), e água (40% w / w).

Liu et al. (2005) estudaram a extração e caracterização de composições antioxidantes dos extratos fermentados de suco de Noni (*Morinda citrifolia* L.). O extrato apresentou atividade antioxidante mais significativamente ( $P < 0,01$ ) que a do manitol ou da vitamina C. Os resultados sugerem que os vários compostos, em particular, os compostos fenólicos, contribuem separadamente ou em sinergia com a atividade antioxidante do suco fermentado de noni.

Hafiza et al. (2013) realizaram um estudo para observar o processo de fermentação de extrato de noni por *Saccharomyces cerevisiae*. O extrato de *Morinda* (M) foi fermentado com diferentes combinações de concentração do substrato (40; 50; 60; 70 e 80%p/p), tamanho de inóculo (0; 1,5; 3; 4,5 e 6%v/v), temperaturas (30; 33,5; 37;40,5 e 44°C) e tempo de fermentação (0; 1,5; 3;4;5 e 6 dias). Cinco características físico-químicas: pH, acidez titulável, turbidez, sólidos solúveis totais e teor de polifenóis totais foram medidas. Para o pH, apenas o tempo de fermentação foi considerado não significativo, enquanto que para a acidez titulável e conteúdo total de polifenóis, os efeitos de concentração do substrato e tempo de fermentação foram significativos. No caso dos sólidos solúveis totais, apenas o efeito da concentração de substrato e tamanho do inóculo foram considerados significativos.

Estudos das análises de vitamina C da polpa “in natura” e dos produtos, com exceção do suco fermentado, mostram que o noni pode ser considerado uma fonte elevada de vitamina C, pois segundo Andrade et al. (2002), as fontes de ácido ascórbico são classificadas em: fontes elevadas contendo de 100 a 300 mg/100g, fontes médias contendo de 50 a 100 mg/100g e fontes baixas contendo de 25 a 50 mg/100g. A ingestão diária recomendada (IDR) pela FAO (2001), que é de 45 mg. Com relação ao teor de proteínas, o noni tem revelado valores superiores a maioria dos frutos que apresentam uma quantidade aproximada de 10 mg/g de proteínas e pesquisas anteriores têm encontrado no noni 12,58 mg/g.

Em muitos artigos científicos existem referências a capacidade antioxidante do noni e alguns produtos (LIU, et al, 2005; YANG et al, 2007; ZIN, et al. 2006).Kuskoski et al. (2005) em seu estudo com polpas de frutas encontrou valores significativos, tidos como referência da capacidade antioxidante para uva (9,2  $\mu$ MTrolox/g), acerola (67,6  $\mu$ MTrolox/g), manga (13,2  $\mu$ MTrolox/g) e maracujá (2,7  $\mu$ MTrolox/g). O coeficiente de correlação entre a atividade sequestradora de DPPH e o teor de fenólicos totais do *M. citrifolia* L. micropartículas é 0,85. Este resultado sugere que aproximadamente 85% da capacidade antioxidante da *Morinda*

*citrifolia* atomizada a partir do extrato de fruta pode ser atribuído à contribuição de compostos fenólicos. De fato, o conteúdo fenólico total não abrange todos os antioxidantes presentes no extrato (Djeridane et al., 2006).

Segundo CORREIA et al, (2011) a polpa do noni cultivada no estado do Ceará mostra que o fruto possui um baixo teor de proteína e lipídeo, sendo composto predominantemente por carboidratos e a pectina é o polissacarídeo presente em maior quantidade.

De acordo com Smith et al (2014) uma amostra de suco de liofilizado de noni brasileiro tinha 27531, 1632, 1219 e 1441 mg/kg, de potássio, de magnésio, de cálcio e de fósforo, respectivamente. Portanto, é uma excelente fonte de potássio para as pessoas saudáveis, mas pode causar hipercalcemia em pessoas com doença renal crônica avançada. No trabalho de Smith et al (2014), os efeitos de toxicidade e de saúde do noni são revistos e novos dados com base em espectros de RMN são apresentados.

O Noni contém uma variedade de minerais e compostos orgânicos, incluindo potássio, ácido ascórbico, carboidratos, alcalóides, triterpenóides, polifenóis, iridóides e anthraquinonas (Akihisa et.al., 2007); Basar e Westendorf, 2012). Um grupo de pesquisadores analisaram frutos e folhas de noni de 42 locais diferentes na Polinésia Francesa e 16 sucos comerciais (Basar e Westendorf, 2012). As concentrações médias pareciam ser normais, em comparação com outras frutas, mas a variação foi bastante grande. As frutas cultivadas em solos vulcânicos apresentaram maior concentração. Ainda assim, a média de sódio (Na), potássio (K), magnésio(Mg), cálcio (Ca) e concentrações de manganês (Mn) em folhas secas foram 4811, 4938, 17876, 16991 e 92 mg/kg, respectivamente.

A médias das concentrações de Na, Mg, Ca e K em frutos secos foram 1206, 1685, 16771, 3381 e 19 mg/kg, respectivamente. As concentrações de magnésio (Mg), manganês (Mn), zinco (Zn) e germânio (Ge) nos sucos comerciais se correlacionaram bem com a concentração de potássio (K), sugerindo que estes elementos são úteis para detectar uma diluição no suco de noni (Basar e Westendorf, 2012).

Estes resultados podem ser comparados com o suco de noni havaiano, que tem sido referido como tendo 10,5 e 10,1 mg de Na e de Ca por 100 g de suco com 96% de água (College of Tropical Agriculture and Human Resources, 2005).

Em 100 g de noni Havaiano havia 15 calorias totais; menos que 0,1% de gorduras; 3,4 g de hidratos de carbono; 1,49 g de açúcares; 0,43 g de proteína; 34 mg de ácido ascórbico; 0,54% de cinzas; 1,17 g de dextrose e 0,32 g de frutose. Também foi relatada a descoberta dos seguintes ácidos graxos: butanóico, hexanóico, octanóico. hexadecanóico (palmítico), octadecanóico (esteárico), octadecanóico (oleico, elaidico e/ou vacênico) e ácido octadecadienóico (linoleico e/ou linoelaidico) (College of Tropical Agriculture and Human

Resources, 2005). No entanto, o método utilizado para analisar os ácidos graxos do suco não foi mencionado, de modo que não fica claro se eram realmente ácidos graxos livres em vez de ácidos graxos que são parte de mono-, di- e/ou triglicerídios. Ou seja, quase todos os óleos vegetais contêm principalmente triglicérides e ácidos não graxos (Jensen et al. , 2001), mas grande parte da literatura sobre química dos alimentos abusa dos termos ácidos graxos livres e vinculados. Ou seja, se costuma usar termos como ácidos saturados, insaturados e ácidos graxos ômega-3, mesmo que estes não estejam presentes em óleos vegetais ou gordura animal a menos que tenham ficado rançosos.

Por outro lado, os bioquímicos, químicos medicinais e a maioria dos médicos utilizam o termo ácido graxo para se referir a ácidos graxos que são ligados de modo não covalente a um receptor ou enzima. Isto os diferencia de gorduras insaturadas, gorduras omega-3 e ácidos graxos que são uma parte de triglicérides (Seabra, et al., 2010).

O Noni também tem muitos compostos orgânicos importantes, incluindo não apenas vitamina C, açúcares e carboidratos, mas também iridóides e compostos fenólicos que são antioxidantes (Huang et al. 2009) . Iridóides são monoterpênicos que são biosintetizados a partir de isopreno. Eles têm um anel de ciclopentano, que está fundido a um anel de seis membros heterocíclico. Eles são nomeados após bioquímica defensiva feita por plantas no gênero *Iridomyrex*. e são, muitas vezes, glicosilados. Há também glicosídeos de ácidos graxos que são surfactantes naturais com aplicações potenciais nas indústrias farmacêutica, cosmética e indústrias de alimentos (Lee et al, 2012).

Segundo Smith et al. (2014) mais de 200 compostos de noni foram isolados e identificados incluindo antraquinonas, cumarinas, flavonóides, esteróides, glicosídeos, iridóides, lignanos e triterpenóides, Note-se que os lignanos, os quais são compostos fenólicos solúveis e phytoestrogênicos, não devem ser confundidos com as legninas, que são polímeros complexos de álcoois aromáticos e se assemelham as celulose lectinas que são proteínas que se ligam a hidratos de carbono.

Os compostos fenólicos dão ao noni um pouco do seu potencial antioxidante. No entanto, poucos dos artigos que descrevem a análise de noni indicam se os sucos eram frescos ou fermentados. Um deles diz que, "o suco comercial de noni é tradicionalmente feito pela fermentação de frutos de noni em recipientes fechados durante 2 meses a temperatura ambiente" (Kite et al., 2013). Este artigo citou dois relatórios para apoiar esta declaração (Dulf et al., 2013; Stransky et. al., 2001).

Os autores relataram que o suco era fresco encontraram compostos que poderiam eliminar os radicais livres que podem levar a doenças de inflamação, tais como doenças

cardiovasculares, acidente vascular cerebral, doenças neurodegenerativas e câncer (Seabra, 2010).

A atividade de sequestro de radicais livres (RSAS) de frutas e vegetais é muitas vezes medida pelo 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), um composto de cor escura que é um radical livre. O ácido ascórbico é um bom eliminador de radicais livres, de modo que é usado como padrão no ensaio de RSA. A RSA de suco de noni fresco é equivalente a 140 mg de ácido ascórbico por 100 ml de suco de noni (Kite et al., 2013).

A quantidade de compostos fenólicos totais em frutas e vegetais é geralmente medida por uma reação com um reagente colorimétrico chamado reagente Folin-Ciocalteu. O ácido gálico é usado como o padrão. Foi relatado que o suco de noni tem o equivalente de ácido gálico de 210 mg por 100 ml de suco de noni (Kite et al., 2013).

No entanto, depois de ter sido fermentado, durante 3 meses, cerca de 90% de RSA foi perdido, enquanto a desidratação causou uma perda de 20% (Kite et al., 2013).

Assim, para manter as propriedades antioxidantes substanciais de produtos à base de noni, a transformação de noni em pó ou suco de noni fresco congelado em vez de suco de noni fermentado foi recomendada (Kite et al., 2013).

## **2.5 Antioxidantes**

O organismo humano é composto por átomos, que normalmente não participam de reações químicas, a menos que possuam elétrons livres nos seus orbitais, tornando-se instáveis. Esses átomos são os chamados radicais livres, que tendem a se mover com o objetivo de captarem elétrons livres de outras moléculas, que, por consequente, tornam-se novos radicais livres. Um dos tipos mais comuns é o radical oxigênio, que quando em excesso pode levar ao estresse oxidativo e causar danos nas moléculas biológicas (YOUNG & WOODSIDE, 2001).

O desenvolvimento de radicais livres é desencadeado por diversas atividades essenciais para a vida como a alimentação, respiração ou qualquer atividade que cause algum tipo de estresse. Além disso, fatores ambientais como poluição do ar, presença de fumaça ou alimentos inadequados também são fatores que predispõe o aparecimento desses radicais. O estresse oxidativo é um dos fatores desencadeantes de doenças crônicas, como doenças cardiovasculares (DIAZ *et al.*, 1997), câncer (AMES *et al.*, 1995).

Assim, para reduzir os efeitos nocivos dessas moléculas, devem-se incluir elementos que doem espontaneamente os elétrons que estão faltando nos seus orbitais, impedindo a ação do radical oxigênio e a reação em cadeia da formação de novos radicais livres. Esses

elementos são chamados de antioxidantes, presentes em frutas, nozes e vegetais (SILVA E SÁ, 2008).

De acordo com Halliwell e Gutteridge (1998), os mecanismos de ação antioxidante incluem (a) suprimir a formação de espécies reativas tanto pela inibição enzimática ou por quelar elementos-traço envolvidos na produção de radicais livres, (b) eliminar espécies reativas de oxigênio e, (c) manter o mecanismo antioxidante de defesa regulado e protegido.

Os antioxidantes podem ser classificados em: antioxidantes primários são aqueles que interrompem a cadeia de reações envolvidas na oxidação lipídica através da doação de elétrons ou hidrogênio aos radicais livres convertendo-os em produtos mais estáveis termodinamicamente, e antioxidantes secundários, aqueles compostos que reduzem ou retardam a taxa de iniciação da oxidação por decompor hidroperóxidos (SHAHIDI e NACZK, 2004).

### **2.5.1 Métodos de Determinação da Capacidade Antioxidante in vitro**

A medida de capacidade antioxidante reflete a ação acumulativa de todos os antioxidantes presentes em um extrato proporcionando, desta forma, uma análise de parâmetros integrados (GHISELLI *et al.*, 2000).

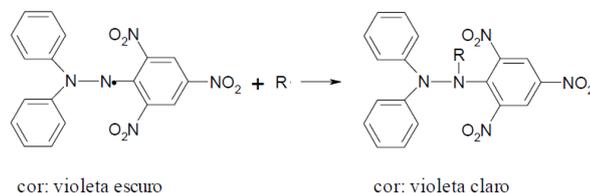
Existem inúmeras metodologias para a determinação da capacidade antioxidante e podem estar sujeitas a interferências, por isso, atualmente preconiza-se a utilização de duas ou mais técnicas, já que nenhum ensaio usado isoladamente para determinar a capacidade antioxidante irá refletir exatamente a “capacidade antioxidante total” de uma amostra (HUANG *et al.*, 2005). Baseado nas reações químicas envolvidas, a maior parte dos métodos empregados para avaliar a capacidade antioxidante pode ser dividida em duas categorias: (1) baseados na reação de transferência de elétrons, representados pelo método de Folin-Ciocalteu e sequestro de radicais livres, tais como o DPPH e (2) baseados na reação de transferência de átomos de hidrogênio, representado pelo ORAC (*Oxygen Radical Absorbance Capacity*), FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) e sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico (HUANG *et al.*, 2005).

A seguir são descritos alguns dos principais métodos para a determinação da atividade antioxidante utilizadas nesse trabalho:

#### DPPH

É um método bastante utilizado na avaliação da capacidade antioxidante, envolvendo o sequestro de radicais livres. Ele se fundamenta na habilidade de antioxidantes, presentes na amostra, se ligarem com DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), um radical orgânico estável. É

um método tecnicamente rápido e não detecta agentes pró-oxidantes, sendo que determina apenas o poder redutor dos compostos analisados (BRAND-WILLIAMS *et al.*, 1995). O DPPH é um radical livre que pode ser obtido diretamente por dissolução do reagente em meio orgânico (Figura 3).

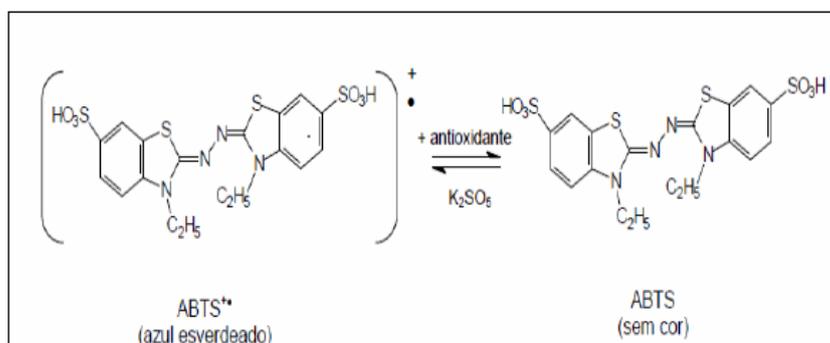


**Figura 3.** Estabilização do radical livre DPPH  
 Fonte: RUFINO *et al.*, 2007

### ABTS<sup>+</sup>

Além do método DPPH, a determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS (2,2- azino – bis – 3- etil – benzotiazolina – 6- ácido sulfônico) é bastante utilizado. O ABTS pode ser solubilizado em meios orgânicos e aquosos nos quais a atividade antioxidante pode ser determinada, dependendo da natureza dos compostos antioxidantes, enquanto que o DPPH somente pode ser solubilizado em meios orgânicos, especificamente alcoólicos (ARNAO, 2000).

O método baseia-se na geração do ABTS<sup>+</sup>, de cor azul esverdeado, por meio da reação do ABTS com persulfato de potássio que possui absorção máxima em 645, 734 e 815 nm. Com a adição de um antioxidante ocorre a redução do ABTS<sup>+</sup> ABTS promovendo a perda da coloração do meio reacional (figura 4). Com a extensão da perda de cor, a porcentagem de inibição do ABTS.+ é determinada em função do Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), um padrão submetido às mesmas condições de análise do antioxidante. O método é aplicável ao estudo de antioxidantes hidrossolúveis e lipossolúveis, compostos puros e extratos vegetais (RE *et al.*, 1999).



**Figura 4.** Redução do radical ABTS por um antioxidante

### **2.5.2 Compostos Fenólicos Totais**

A determinação de fenólicos totais através do método de Folin-Ciocalteu é muito bem aceita, além de ser simples e reprodutiva. O reagente de Folin-Ciocalteu consiste do ácido fosfotúngstico-fosfomolibdico e quando reage com os compostos fenólicos, e em condições alcalinas, ocorre dissociação de um próton fenólico levando à formação do ânion fenolato. Esse ânion é capaz de reduzir o reagente, formando o complexo azul de molibdênio (HUANG *et al.*, 2005). Este é um dos métodos preconizados para avaliar a capacidade antioxidante através do poder redutor de extratos de amostras vegetais (PRIOR *et al.*, 2005).

### **3. OBJETIVO GERAL**

Estudar o efeito da fermentação sobre as propriedades físico-químicas do noni (*morinda citrifolia*) liofilizado.

#### **3.1.OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Entre os objetivos específicos temos: determinar o efeito da fermentação sobre a atividade de água do noni liofilizado; o efeito da fermentação sobre as cinzas do noni liofilizado; o efeito da fermentação sobre a umidade do noni liofilizado; o efeito da fermentação sobre o pH do noni liofilizado; o efeito da fermentação sobre os compostos fenólicos totais do noni liofilizado; o efeito da fermentação sobre a cor do noni liofilizado; o efeito da fermentação sobre a atividade antioxidante do noni liofilizado; agrupar as variáveis físico-químicas estudadas em função de sua correlação.

#### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido nos Laboratórios de Propriedades Físicas dos Alimentos e Fisiologia pós-colheita localizados no Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias (CEDETEC) e no Laboratório de Pesquisa de Produtos Naturais (LAPRON) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, campus de Itapetinga, BA.

Os frutos de Noni (*Morinda citrifolia*) foram adquiridos diretamente com o produtor em uma fazenda no município de Maiquinique - BA e transportados até o laboratório. Foi feita uma pré-seleção descartando os frutos verdes, danificados e em fase de senescência avançada. Para sanitização e higienização, os frutos foram lavados em água contendo 200mg de cloro ativo por litro em imersão.

Os frutos selecionado foram pesados e em seguida despulpados em uma despulpadeira bonina modelo 0.25 df ITAMETA para a remoção das cascas e sementes. A polpa extraída foi pesada para cálculo de rendimento, e parte foi embalada em sacos de polietileno, que foram selados em uma seladora à vácuo Sulpack SP-350, e congelada a -80°C em ultra freezer até a realização das análises. A outra parte da polpa será destinada a liofilização e fermentação.

A polpa in natura será submetida a caracterização físico-química conforme será descrito posteriormente.

##### **4.1.Liofilização**

Experimentos pilotos foram realizados permitiram definir que para a liofilização, a polpa foi acondicionada em bandejas de aço inoxidável e congelada a -80°C em ultra freezer por 48 horas. Em seguida, as placas foram dispostas na prateleira do liofilizador da marca TERRONI FAUVEL modelo L2000. O processo de liofilização se deu a -35°C por 30 horas seguidas de 4 horas da 45°C. O suco liofilizado foi pesado para cálculo de rendimento e acondicionada em embalagens de vidro hermeticamente fechadas revestidas com folha de alumínio para impedir a passagem da luz e armazenadas a -18°C em freezer até a realização das análises (Figura 5).



**Figura 5.** Liofilizador Terroni do Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos do CEDETEC/UESB.

#### **4.2.Fermentação**

A fermentação se deu em fermentador encamisado de aço inoxidável, desenvolvido no CEDETEC/UESB com capacidade para 80 litros e com temperatura controlada de  $50\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .

As amostras de polpa in natura, fermentadas e liofilizadas foram submetidas às seguintes análises: atividade de água, sólidos solúveis, umidade, cinzas, pH, , medição de cor e atividade antioxidante (Figura 6).



**Figura 6.** Fermentador usado no experimento.

### 4.3. Atividade de água

A atividade de água foi determinada pelo método “chilling mirror” usando o medidor digital de atividade de água (Aw) (AQUALAB-4TE), com sensibilidade de 0,001 à temperatura de (25°C ± 0,2°C) (Figura 7).



**Figura 7.** Aqualab digital de bancada 4TEV (Decagon Devices) do Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos do CEDETEC/UESB.

### 4.4. Teor de água

O teor de água foi determinado pelo método gravimétrico em estufa a 105 °C até a obtenção da massa constante e os resultados expressos em porcentagem, conforme a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Foram pesadas, aproximadamente 2,0g da amostra em cadinhos previamente secos. Os cadinhos com as amostras foram colocados na estufa a 105°C por 4 horas, em seguida resfriados em dessecador até atingirem temperatura ambiente e em seguida foram pesados. Esse procedimento foi repetido até que as amostras atingissem massa constante.

O teor de água foi calculado pela equação 1:

$$\% \text{ teor de água} = \frac{\text{g de amostra seca}}{\text{g de amostra úmida}} \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

### 4.5. pH

As medidas de pH foram realizadas por potenciometria em pHmetro digital HANNA modelo Q400A, calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e pH 4,0. Determinou-se o pH por imersão direta dos eletrodos na amostra, conforme Horwitz & Latimer(2000).



**Figura 8.** pHmetro Hanna do Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos do CEDETEC/UESB

#### 4.6. Cor

A cor das amostras foi determinada usando colorímetro (Colorquest XE, Hunterlab) com valores expressos em  $L^*$ ,  $a^*$   $b^*$  do sistema CIEIab (Comission Internacional de d'Eclairage) modificado, onde  $L^*$  que representa a luminosidade variando do branco (100) ao preto (0);  $a^*$  que representa a transição da cor verde ( $-a^*$ ) para a cor vermelha ( $+a^*$ ) e  $b^*$  que representa a transição da cor azul ( $-b^*$ ) para a cor amarela ( $+b^*$ ).



**Figura 9.** Colorímetro Color Quest Xe do Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos do CEDETEC/UESB.

#### 4.7. Cinzas

A determinação do teor de cinzas foi realizada conforme a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), por incineração da amostra em mufla a 550°C. Cerca de 2,0g das amostras foram pesadas em cadinhos identificados e colocados na mufla a 50°C, elevando-se a temperatura em 50°C a cada 15 minutos até atingir 550°C. Ao atingir 550°C as amostras foram deixadas por 3 horas para sua completa incineração. Posteriormente os

cadinhos foram resfriados em dessecador até atingirem temperatura ambiente e foram pesados.

O teor de cinzas foi calculado pela equação 2:

$$\% \text{ Cinzas} = \frac{g \text{ de cinzas}}{g \text{ de amostra}} \times 100 \quad \text{Eq. 2}$$

## 4.8. Atividade Antioxidante

### 4.8.1 Determinação da Capacidade Antioxidante

O procedimento foi realizado em triplicata homogeneizando-se cerca de 1g de amostra em 20 mL de metanol/água na proporção de 70:30. Os extratos foram filtrados utilizando-se papel de filtro Whatman nº 6 e armazenados em frascos de vidro âmbar (HUANG *et al.*, 2009).

### 4.8.2 Método de sequestro de radicais livres do DPPH•

O ensaio é iniciado pela adição do DPPH e a amostra, em solução (BRAND-WILLIAMS *et al.*, 1995).

A metodologia foi realizada de acordo com Rufino *et al.* (2007). As amostras foram preparadas em tubos de ensaio protegidos da luz onde foram adicionados 0,1 mL dos diferentes tratamentos na concentração de 1mg/ mL. Em seguida, foram misturadas com 3,9 mL de solução metanólica de DPPH (0,06mM). A absorbância, medida a 515 nm, imediatamente após a adição do DPPH e em intervalos de 15 minutos até completar 1 hora, sendo o metanol usado como branco. A percentagem de inibição do radical DPPH foi determinada pela Equação 3.

$$\% \text{ Inibição DPPH}^\bullet = \frac{(\text{Abs}_{\text{DPPH}^\bullet} - \text{Abs}_{\text{amostra}})}{\text{Abs}_{\text{DPPH}^\bullet}} \times 100 \quad \text{(Equação 3)}$$

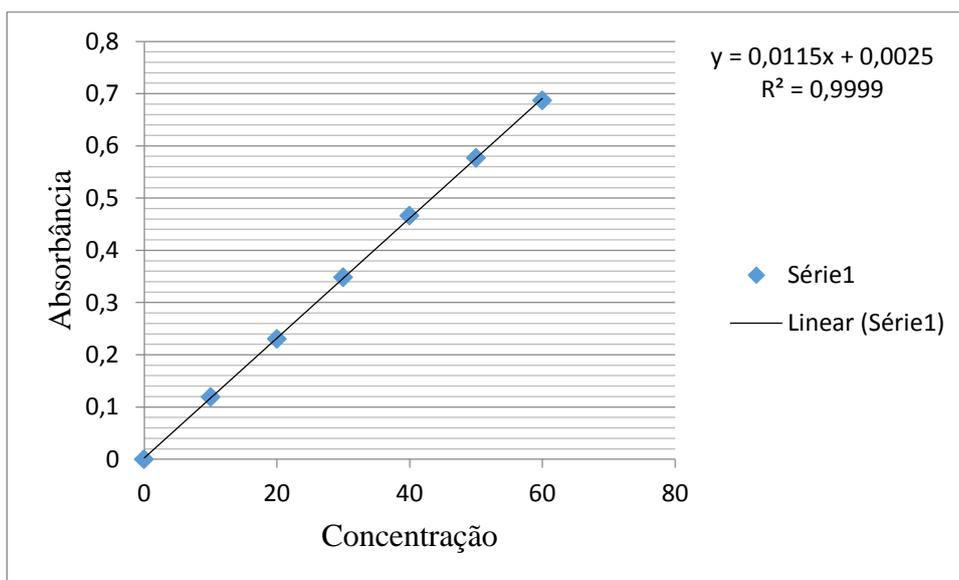
Onde

$\text{Abs}_{\text{DPPH}^\bullet}$  = absorbância do DPPH•

E  $\text{Abs}_{\text{amostra}}$  = absorbância da amostra.

Os resultados da % inibição DPPH<sup>•</sup> foram plotados em um gráfico em função da concentração do extrato e através de regressão linear foi encontrado o EC<sub>50</sub>, valor que estima a concentração de antioxidante necessária para inibir 50% do radical DPPH<sup>•</sup>. As análises foram realizadas em triplicata.

Utilizou-se nessa análise, nas concentrações de 10; 5; 2,5; 1,25; 0,625 mg/L para construir uma curva de calibração (figura 10). A partir da reta obtida realizou-se o cálculo do teor DDPH.



**Figura 10.** Determinação de antioxidante pelo método DPPH

#### 4.8.3 Determinação do Teor de Compostos Fenólicos Totais

Para determinação do teor de compostos fenólicos totais por espectrofotometria, utilizando o reagente de *Folin-Ciocauteau* (RFC).

O procedimento foi realizado em triplicata pesando-se cerca de 1g de amostra diluindo em 45mL de metanol 70%, deixando em banho ultrassom por 60 minutos.

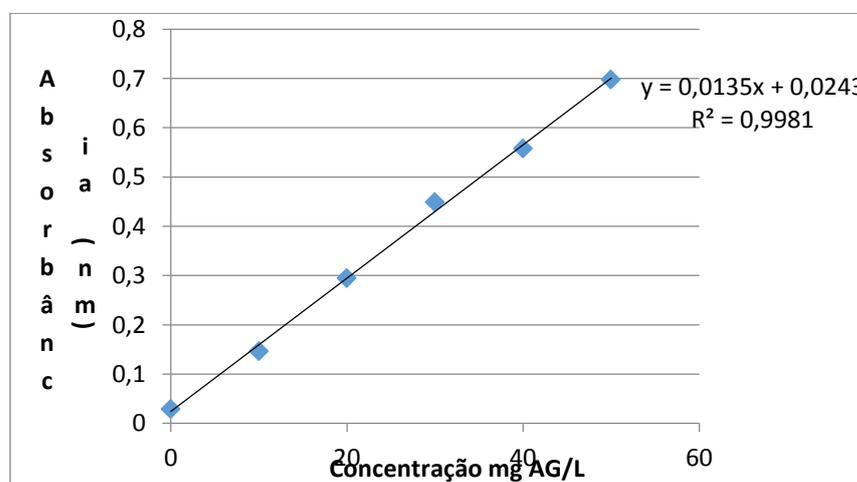
Em seguida, adicionados em tubos de ensaio âmbar 45 microlitros do extrato juntamente com 950 microlitros de água obtendo assim uma concentração de 1mg/mL, adicionando 5 mL de Folin 10% a mistura foi mantida em repouso à temperatura ambiente ( $28 \pm 2^\circ\text{C}$ ) por 5 minutos e após este tempo, foi adicionado 4 mL de carbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ), após 1 hora foi realizada as leituras. A amostra em branco foi constituída do diluente. O teor de compostos fenólicos totais foi determinado a 765nm em espectrofotômetro da Marca Shimadzu Modelo UV 1800. Para obtenção da curva, foram utilizadas soluções estoques, como mostra a tabela 1.

**Tabela 1.** Soluções padrão diluídas com ácido gálico

Solução padrão de ácido gálico	Volume da solução de reserva de ácido gálico/mL	Concentração nominal do padrão diluído/ $\mu\text{g/mL}$
A	1,0	100
B	2,0	200
C	3,0	300
D	4,0	400
E	5,0	500

Pegou-se 1 mL das diferentes concentrações da solução de ácido gálico, adicionou 5 mL de Folin 10% e agitou. Após 8 minutos adicionou 4 mL da solução de carbonato de sódio e agitou-se novamente, transcorrido 1 hora realizou-se as leituras no comprimento de onda de 773nm. O total de compostos fenólicos nos extratos obtidos foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico  $100 \text{ g}^{-1}$  da amostra e as análises realizadas em triplicata.

Utilizou-se como padrão o ácido gálico, nas concentrações de 10; 5; 2,5; 1,25; 0,625 mg/L para construir uma curva de calibração (Figura 11). A partir da reta obtida realizou-se o cálculo do teor de fenólicos totais, expresso em mg de ácido gálico/g amostra.



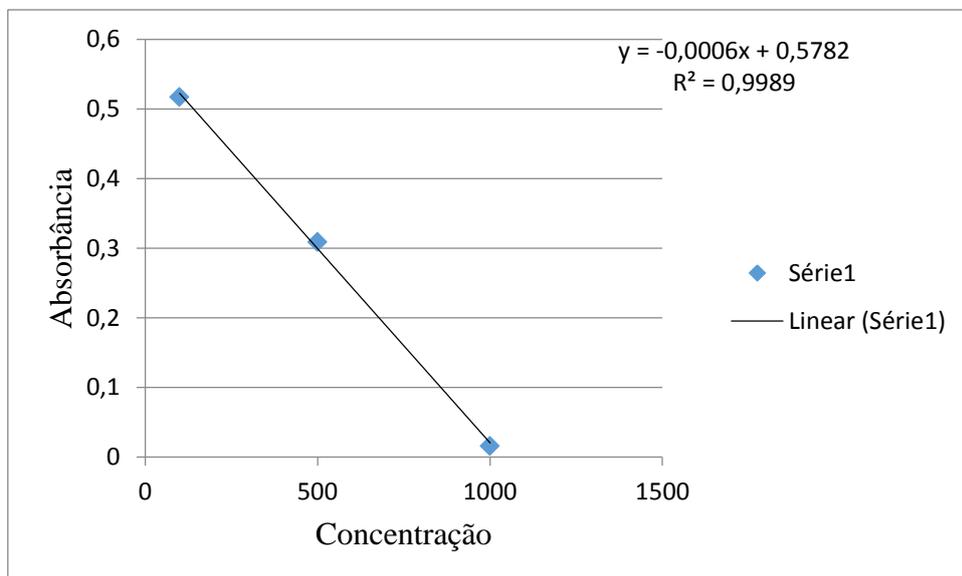
**Figura 11.** Determinação dos fenólicos totais no extrato etanólico

#### 4.8.4 Determinação da atividade antioxidante total (AAT) pelo método ABTS.+

A atividade antioxidante pelo método ABTS.+ [2,2' - azinobis - (3-ethylbenzothiazoline-6- sulfonicacid)] foi feita conforme a metodologia descrita por Rufino *et al.*(2007). O radical ABTS.+ foi formado pela reação de 5mL da solução ABTS.+ 7mM com 88  $\mu\text{L}$  da solução de persulfato de potássio 140mM, incubados à temperatura de 25°C e na

ausência de luz, durante 16 horas. Uma vez formado, o radical foi diluído com etanol P.A. até a obtenção do valor de absorvância de  $0,700 \pm 0,020$  a  $734\text{nm}$ .

Utilizou-se nessa análise, nas concentrações de 10; 5; 2,5; 1,25; 0,625 mg/L para construir uma curva de calibração (Figura 12). A partir da reta obtida realizou-se o cálculo da atividade antioxidante.



**Figura12.** Determinação de antioxidante pelo método ABTS

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Análises físico-químicas

A caracterização físico-química do noni *in natura*, noni fermentado e noni liofilizado foram avaliadas pelos parâmetros: pH, densidade, Aw e sólidos solúveis (Tabela 2)

**Tabela 2.** Caracterização físico-química do noni *in natura*.

Parâmetros	Noni <i>in natura</i>
pH	3,66 ± 0,007
Atividade de água	0,97 ± 0,006
Sólidos solúveis	6,32 ± 0,000

Valores expressos em média ± desvio-padrão.

A determinação do pH indica a concentração de íons hidroxidrilas ou hidrogeniônicos do alimento. A maioria das hortaliças e frutas apresentam pH ácido, devido à presença dos ácidos orgânicos, uma vez que os produtos alcalinos possuem sabor desagradável.

A polpa *in natura* apresentou pH de 3,66, caracterizando-se como ácida, como a maioria das frutas, devido à presença dos ácidos orgânicos.

O noni *in natura* apresentou resultado de Aw de  $0,97 \pm 0,006$  indicando sua instabilidade frente à deterioração por microrganismos. O crescimento de bactérias que influenciam na deterioração é inibido em valores de atividade de água inferiores a 0,90. Com poucas exceções é possível afirmar que um alimento será estável, em relação à deterioração por microrganismo, quando sua atividade de água for inferior a 0,60, o que não foi encontrado nesse estudo. O crescimento e a atividade metabólica dos microrganismos demandam presença de água em forma disponível para realização de reações de deterioração e a medida mais comumente empregada para expressar a estabilidade de um produto é a determinação do nível de água em sua forma livre, que em alimentos, denominada de índice de atividade de água (Ordoñez, 2005).

A média para sólidos solúveis aqui obtidas foi menor (6,32°Brix) que o valor descrito por Praxedes *et al.* (2012) que encontraram média de 7,00 °Brix para o fruto *in natura*. O teor de sólidos solúveis totais (SST) é alterado conforme o estágio de maturação do fruto e também está relacionado com as condições de cultivo. Correia *et al.* (2012) citam que altos teores de SST indicam preferência para consumo do fruto *in natura* bem como para

industrialização por apresentarem altos rendimentos nos processamentos, que necessitam de menor consumo de açúcar.

Na tabela 3 temos os valores encontrados para caracterização físico-química do suco de noni fermentado e, imediatamente liofilizado em diferentes (dias).

**Tabela 3.** Caracterização físico-química do suco de noni fermentado e noni liofilizado.

<b>Parâmetros</b>	<b>Dias de fermentação</b>	<b>Noni fermentado</b>	<b>Noni liofilizado</b>
<b>pH</b>	9	3,70 ± 0,01	3,92 ± 0,01
	12	3,72 ± 0,10	3,56 ± 0,02
	15	3,56 ± 0,05	3,94 ± 0,01
	18	3,73 ± 0,01	3,04 ± 0,05
	21	3,71 ± 0,01	3,72 ± 0,04
	24	3,69 ± 0,01	3,93 ± 0,03
<b>Atividade de água</b>	9	0,97 ± 0,07	0,33 ± 0,02
	12	0,92 ± 0,01	0,33± 0,02
	15	0,92 ± 0,01	0,31± 0,07
	18	0,97±0,01	0,26 ± 0,08
	21	0,99± 0,01	0,26 ± 0,08
	24	0,96± 0,01	0,33 ± 0,08

Valores expressos em média ± desvio-padrão.

Todas as amostras do noni em diferentes tempos tanto para o fermentado como para a liofilização apresentaram pH ácido (Tabela 3), sendo que a polpa liofilizada apresentou-se mais ácida do que a polpa fermentada. Esses valores foram também encontrados por Barros et al. (2008) e Chunhieng (2003) que obtiveram valores de 3,85 e 3,72 respectivamente.

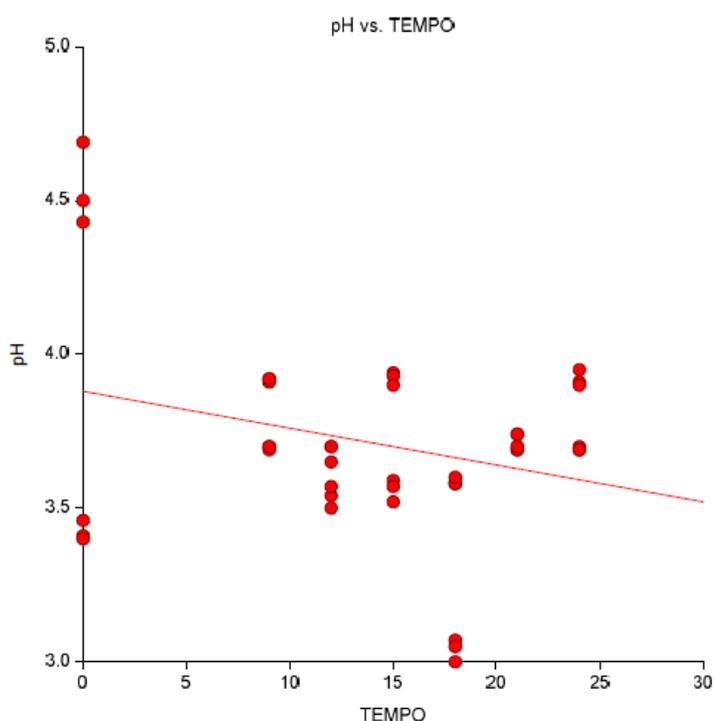
O noni quando comparado a outros frutos, apresenta valores de pH próximos ao bacuri (3,0 - 3,5), caju (4,0), jaboticaba (3,5) e mais ácido que o açai (4,5 – 5.5) (RUFINO, 2008).

A atividade de água encontrada para o noni fermentado variou entre 0,92 – 0,97, o que caracteriza o produto como um alimento de alta umidade. Valores de atividade de água maiores que 0,6 representam menor estabilidade das amostras durante o armazenamento, nesta faixa geralmente ocorre o desenvolvimento de microrganismos, portanto, deve-se ter cuidado na colheita, no transporte e no processamento do noni, pois elevada umidade e Aw

favorece a perecibilidade, afetando assim a qualidade e composição do produto (FELLOWS, 2006).

Já para a atividade de água do noni liofilizado encontramos valores entre 0,26 – 0,33 o que caracteriza o produto como um alimento de baixa umidade. Produtos com baixa quantidade de água na sua composição representam maior estabilidade das amostras durante o armazenamento, nesta faixa geralmente não ocorre o desenvolvimento de microrganismos (FELLOWS, 2006).

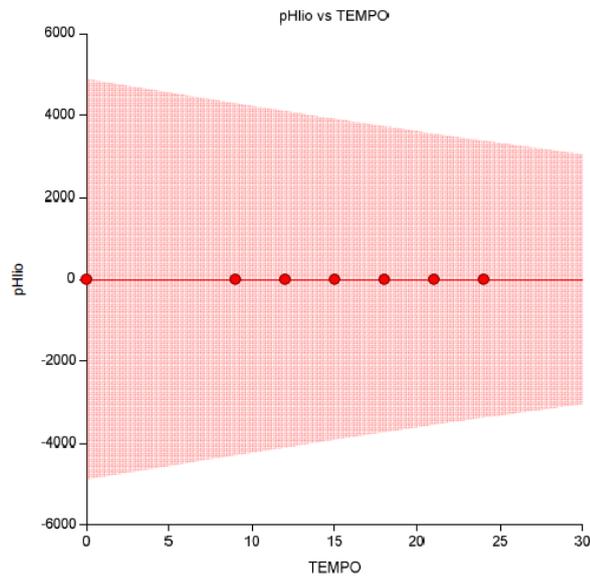
A Figura 13 mostra o efeito do pH sobre o tempo, observa-se que essa interação não foi significativa ( $P > 0,05$ ), mostrando que não houve diferença significativa e que o tempo não influenciou no processo do noni. Observa-se que durante o tempo de fermentação tendem a diminuir a umidade da polpa de noni.



**Figura 13.** Relação entre tempo e pH fermentado

A equação da reta que relaciona pH e tempo é estimada como:  $\text{pH} = (3.8792) + (-0.0120) \cdot \text{tempo}$  usando as 42 observações neste conjunto de dados. O intercepto y, o valor estimado. De pH quando tempo é zero, é 3,8792 com um erro padrão de 0,1042. O valor de R, a proporção da variação no pH que pode ser explicada pela variação na tempo, é 0,0777. A correlação entre pH e tempo é -0,2788. Desde  $0,0738 > 0,0500$ , a hipótese de que a inclinação é zero, portanto não rejeitado.

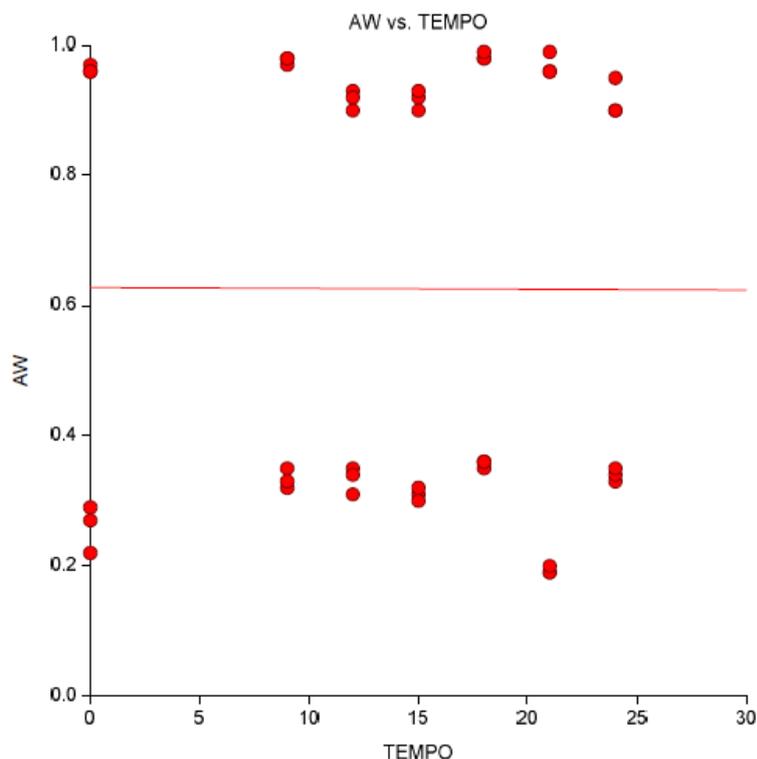
A Figura 14 mostra o efeito do pH liofilizado sobre o tempo. Observa-se que essa interação não foi significativa ( $P > 0,05$ ), mostrando que não houve diferença significativa e que o tempo não influenciou no processo do noni.



**Figura 14.** Relação entre tempo e pH do noni liofilizado

A Figura 15 mostra o efeito do  $A_w$  sobre o tempo. Observa-se que essa interação não foi significativa ( $P > 0,05$ ), mostrando que não houve diferença significativa e que o tempo não influenciou no processo do noni.

Observou-se que a atividade de água permaneceu constante com o tempo de fermentação, isto pode ser explicado pelo fato de não ter ocorrido aumento no teor de açúcar, sendo assim não houve interferência na água ligada e não houve mudança na atividade de água.



**Figura 15.** Relação entre tempo e Aw do noni fermentado

A equação da reta que relaciona Aw e tempo é estimada como:  $Aw = (0,6288) + (-0,0002) * \text{tempo}$  usando as 42 observações neste conjunto de dados. O intercepto y, o valor estimado. O valor de R, a proporção da variação na Aw que pode ser explicada pela variação na tempo, é 0,0000. A correlação entre Aw e tempo é -0,0039. Um teste de significância de que a inclinação é zero resultou em um valor t de -0,0247. O significado Nível deste teste t é 0,9805. Desde  $0,9805 > 0,0500$ , a hipótese de que a inclinação é zero é não rejeitada.

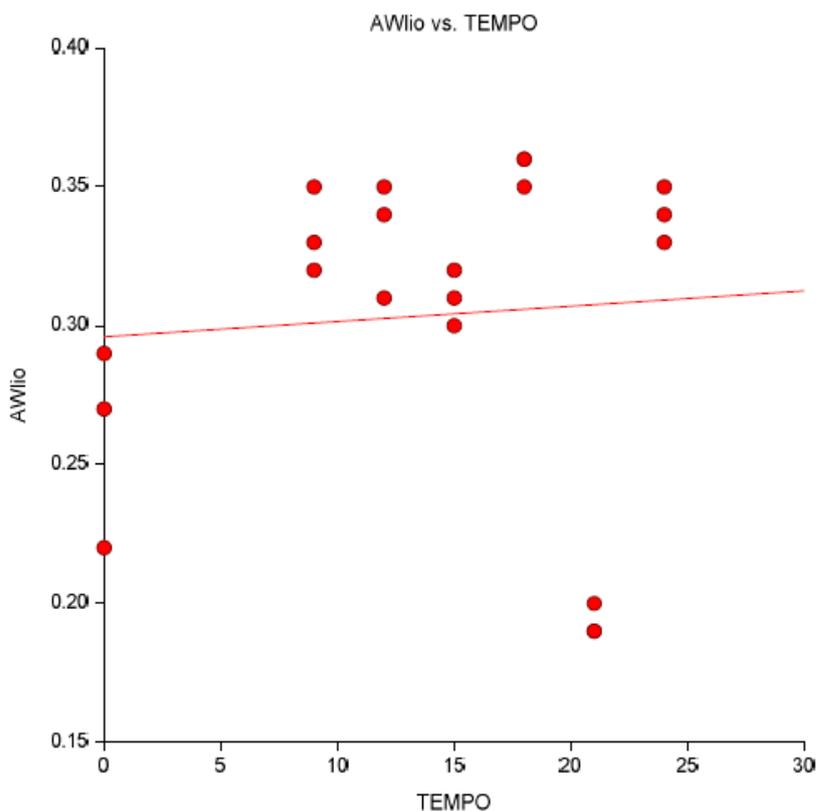
Observou-se que a atividade de água ficou estável com o tempo de fermentação. É possível que isso tenha ocorrido devido ao teor de açúcar que tenha ligado água.

A Figura 16 mostra o efeito do Aw liofilizada sobre o tempo, observa-se que essa interação não foi significativa ( $P > 0,05$ ), mostrando que não houve diferença significativa e que o tempo não influenciou no processo do noni.

A equação da reta que relaciona Awlio e tempo é estimada como:  $Awlio = (0,2961) + (0,0005) \text{ tempo}$  usando as 21 observações neste conjunto de dados. A inclinação, estimada em Awlio por unidade de mudança em tempo, é 0,0005 com um erro padrão de 0,0017. O valor de R, a proporção da variação em Awlio que pode ser contabilizada por variação em tempo, é 0,0054. A correlação entre Awlio e tempo é 0,0734. Um teste de significância que a

inclinação é zero resultou em um valor t de 0,3209. O significado Nível deste teste t é 0,7518. Desde  $0.7518 > 0.0500$ , a hipótese de que a inclinação é zero é não rejeitada.

É possível observar que a atividade de água no noni liofilizado permaneceu constante com o tempo. Isto pode ser explicado pelo fato de não ter ocorrido aumento no teor de açúcar, sendo assim não houve interferência na água ligada e não houve mudança na atividade de água.



**Figura 16.** Relação entre tempo e Aw do noni liofilizado

## 5.2. Composição centesimal

A composição centesimal do noni *in natura*, noni fermentado e do noni liofilizado foi avaliada quanto ao seguinte parâmetro: teor de água e cinzas. As médias dos valores obtidos para os parâmetros estão descritas na Tabela 4 e 5.

**Tabela 4.** Caracterização centesimal do noni *in natura*.

Parâmetros	Valor
Teor de água(%)	64,32 ± 0,330
Cinzas(%)	0,960 ± 0,061

Valores expressos em média ± desvio padrão.

Observou-se que os frutos *in natura* apresentaram média de 64,32% de teor de água, trata-se de uma fruta com baixo teor de água, portanto, com longa vida de prateleira. Devido ao alto valor de atividade de água encontrado, pode-se observar que grande parte do teor de água desse alimento possivelmente encontra-se distribuído na forma de água livre, caracterizando menor estabilidade.

O teor de água, da polpa do noni *in natura* (64,32) foi inferior ao encontrado por Oliveira (2006) que foi 93,96. Esta diferença pode estar associada a uma série de fatores, como época da colheita, quantidade de água disponível no solo, etc.

Com relação à quantidade de cinzas, também denominada por alguns autores como resíduo mineral fixo, foi encontrado valor de 0,96 % sendo próximo dos valores de cinzas encontrados para as frutas frescas, que estão em média entre 0,3 e 2,1% (Chaves *et al.*, 2004).

**Tabela 5.** Caracterização centesimal do noni(*morinda citrifolia*) fermentado e liofilizado.

Parâmetros	Dias de fermentação	Noni fermentado	Noni liofilizado
	9	87,91 ± 0,1519	77,91 ± 0,1519
	12	68,05 ± 0,1917	58,05 ± 0,1917
<b>Teor de água</b>	15	69,94 ± 0,0660	59,94 ± 0,0960
	18	56,83 ± 0,3378	86,73 ± 0,3378
	21	59,26 ± 0,5892	79,26 ± 0,5892
	24	88,18 ± 0,4385	86,68 ± 0,5385
<b>Cinzas</b>	9	0,86 ± 0,013	2,29 ± 0,0971
	12	2,66 ± 0,058	0,11 ± 0,8096
	15	0,36 ± 1,5451	0,47 ± 1,1037
	18	0,05 ± 0,5087	2,16 ± 0,8624
	21	1,35 ± 1,091	0,04 ± 0,0305
	24	0,20 ± 0,4285	0,06 ± 0,0151

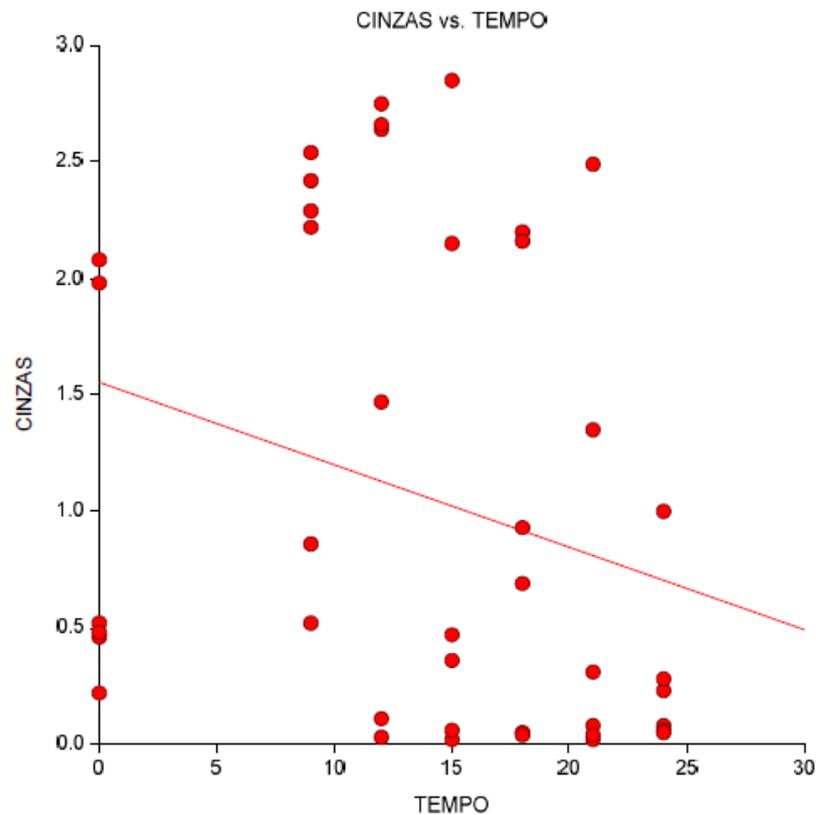
Valores expressos em média ± desvio padrão.

Os teores de água encontrados para o noni fermentado variaram entre 56,83% - 88,18%, e 58,05% - 86,73% para o noni liofilizado. O teor de água de um alimento está relacionado com sua estabilidade, qualidade e composição. De acordo com os dados colhidos nesse trabalho, observaram-se valores baixos para esse parâmetro, caracterizando o fruto como de baixa umidade, não favorecendo assim a deterioração por microrganismos, não afetando assim a estabilidade, a qualidade e a composição do produto.

Analisando a polpa quando triturada junto à semente ocorre uma diminuição de aproximadamente 10% (80,64%) do teor de umidade, pois a semente do noni, como a maioria dos vegetais, apresenta um valor bem inferior de umidade (28,34%), não estando de acordo com os teores divulgados na literatura, os quais apresentam a água como o maior componente desse fruto, variando entre 90 e 92%. Para o noni liofilizado os valores encontrados foram entre 9,48% - 15,98%, favorecendo a deterioração por microrganismos e afetando assim, a estabilidade, a qualidade e a composição do produto, esta diferença pode estar associada a uma série de fatores, como época da colheita, quantidade de água disponível no solo. (Canuto, 2010).

As cinzas variam de 0,05 a 2,66% para o noni fermentado e 0,04% - 2,29 % para o noni liofilizado. Isso se deve ao fato do fruto apresentar no peso total uma concentração bem maior de sementes do que de polpa, além de que a cinza obtida quando há interação entre os constituintes da amostra não é necessariamente da mesma composição que a matéria mineral presente pura no alimento, podendo haver perda por volatilização e representam os minerais contidos nos alimentos que podem estar em grandes quantidades como o  $K^+$ ,  $Na^+$  e  $Ca^+$  e pequenas, como o ferro, Mn e Zn. O conteúdo de cinzas está de acordo com o encontrado por West et al 2011., que foi de 0,84% e sugeriu que durante o processo possa ter ocorrido redução da proporção dos minerais.

A Figura 17 mostra o efeito das cinzas sobre o tempo, observa-se que essa interação não foi significativa ( $P > 0,05$ ), mostrando que não houve diferença significativa e que o tempo não influenciou no processo do noni.



**Figura 17.** Relação entre tempo e cinzas do noni fermentado

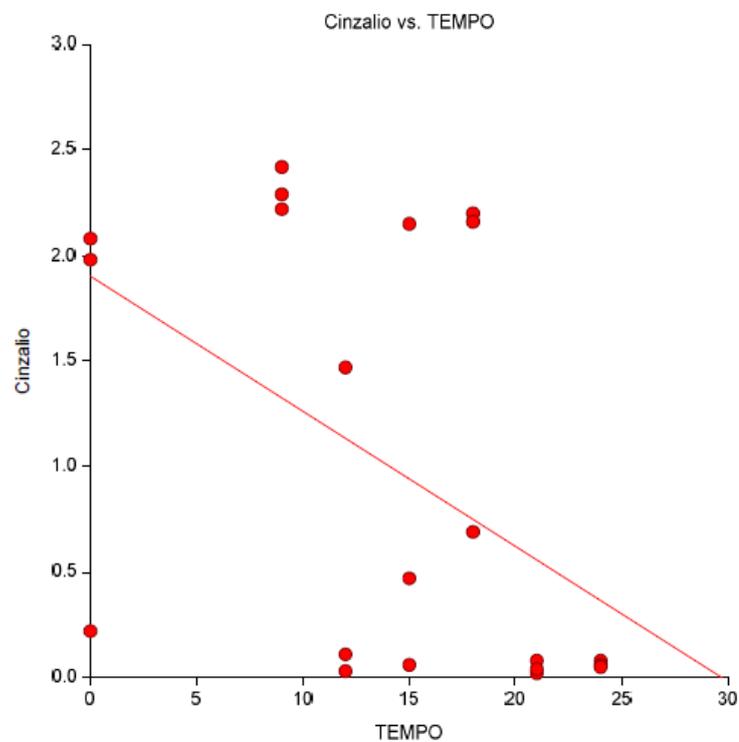
Observou-se um teor de cinzas mais elevado no noni “in natura” e um valor mais baixo e, praticamente invariável, com o tempo de fermentação, para o noni fermentado. Efetivamente, o processo de extração do suco de noni, por centrifugação, levou a um material mais “fibroso”, explicando este maior teor de cinzas. Era esperado que a fermentação não mudasse o teor de cinzas, exceto se houvesse lixiviação intensa do material, o que não parece ter sido o caso.

A equação da reta que relaciona cinzas e tempo é estimada como:  $\text{cinzas} = (1.5536) + (-0,0354) \text{ tempo}$  usando as 42 observações neste conjunto de dados. O intercepto y com um erro padrão de 0.3303. O valor de R, a proporção da variação no cinzas que pode ser contabilizada por variação em tempo, é 0,0685. A correlação entre cinzas e tempo é -0,2616. Um teste de significância que a inclinação é zero resultou em um valor t de -1,7144. O significado nível deste teste t é 0,0942. Desde  $0,0942 > 0,0500$ , a hipótese de que a inclinação é zero é não rejeitada.

A Figura 18 mostra o efeito da cinzas liofilizada sobre o tempo, observa-se que essa interação não foi significativa ( $P > 0,05$ ), mostrando que não houve diferença significativa e que o tempo não influenciou no processo do noni. Observa-se que durante o tempo de fermentação tendem a diminuir a umidade da polpa de noni .

A equação da reta que relaciona Cinzalia e tempo é estimada como:  $\text{Cinzalia} = (1.8990) + (-0.0640) \text{ tempo}$  usando as 21 observações neste conjunto de dados. O intercepto y, o valor estimado de Cinzalia quando tempo é zero, é 1.8990 com um erro padrão de 0.4258. O valor de R, a proporção da variação em Cinzalia que pode ser explicado pela variação no tempo, é 0,2331. A correlação entre Cinzalia e tempo é -0,4828. Um teste de significância de que a inclinação é zero resultou em um valor t de -2.4031. O significado nível deste teste t é 0,0266. Desde  $0,0266 < 0,0500$ , a hipótese de que a inclinação é zero é rejeitada. Assim o melhor modelo que se adequa a esse processo seria o linear.

O teor de cinzas não apresentou variação significativa, como era de se esperar, afinal não foi acrescentado nenhum mineral.



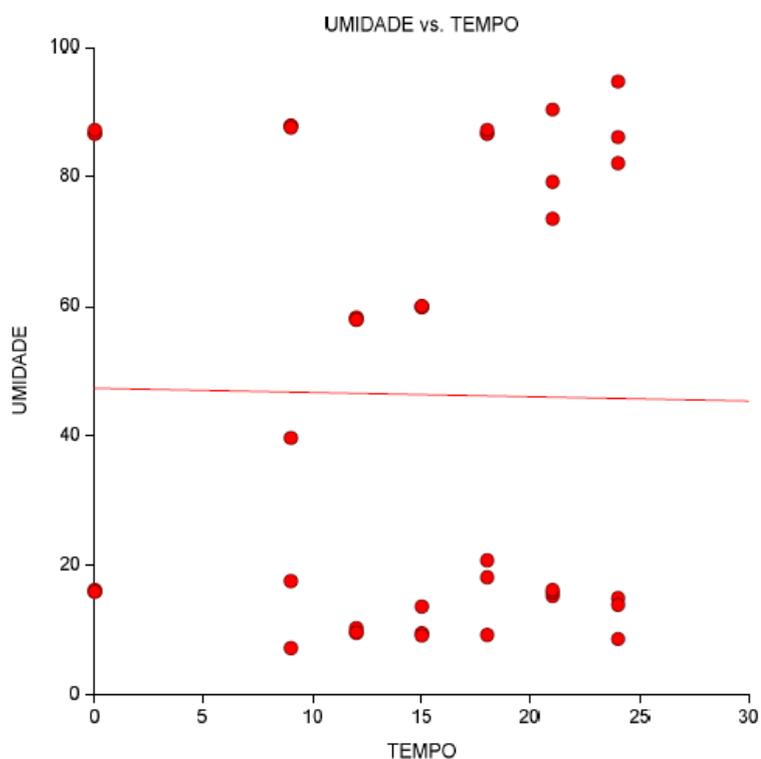
**Figura 18.** Relação entre tempo e cinzas do noni liofilizado

A Figura 19 mostra o efeito da umidade sobre o tempo. Observa-se que essa interação não foi significativa ( $P > 0,05$ ), mostrando que não houve diferença significativa e que o tempo não influenciou no processo do noni. Observa-se que durante o tempo de fermentação a umidade da polpa de noni tende a diminuir.

A equação da reta entre umidade e tempo é estimada como:  $\text{umidade} = (47.4977) + (-0.0698) \text{ tempo}$  usando as 42 observações neste conjunto de dados. O intercepto y é 47.4977 com um erro padrão de 11.3242, o declínio na variação estimada na umidade por unidade de

mudança no tempo, é  $-0,0698$  com um padrão Erro de  $0,7080$ . O valor de R a proporção da variação na umidade que pode ser contabilizada pela variação no tempo, é de  $0,0002$ . A correlação entre umidade e tempo é  $-0,0156$ , não há evidência suficiente para fazer este pressuposto parecer irrazoável. Esta falta de evidência pode ser porque o tamanho da amostra é muito pequeno, as suposições, assim,  $0,9220 > 0,0500$ , a hipótese de que a inclinação é zero e, portanto rejeitado.

Observou-se que a umidade permaneceu constante com o tempo de fermentação, isto pode ser explicado pelo fato de não ter ocorrido aumento no teor de açúcar, sendo assim não houve interferência na água ligada e não houve mudança na atividade de água.



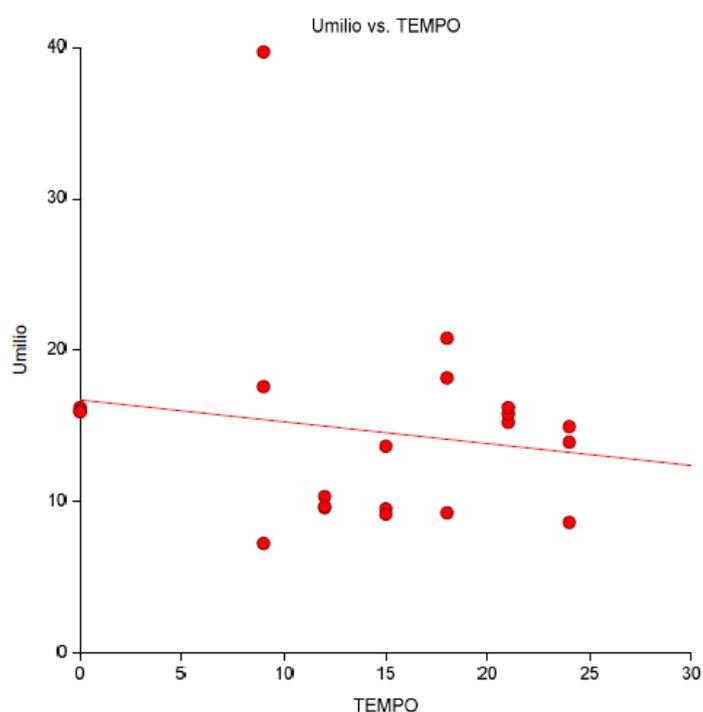
**Figura 19.** Relação entre tempo e umidade do noni fermentado

Analisando os resultados da comparação realizada, percebe-se que a simulação dos dados de previsões realizadas com o NCSS, obtiveram resultados insatisfatórios, ou seja, resultados de Pseudo R abaixo de  $0,75$ .

A Figura 20 mostra o efeito da umidade sobre o tempo. Observa-se que essa interação não foi significativa ( $P > 0,05$ ), mostrando que não houve diferença significativa e que o tempo não influenciou no processo do noni.

A equação da reta que relaciona umidade liofilizada e tempo é estimada como:  $Umilio = (16.6895) + (-0.1438) \text{ tempo}$  usando as 21 observações neste conjunto de dados. O valor de R, a proporção da variação em Umilio que pode ser contabilizado Por variação em tempo, é 0,0257. A correlação entre Umilio e tempo é -0.1603. Um teste de significância que a inclinação é zero resultou em um valor t de -0.7079. O significado Nível deste teste t é 0,4876. Desde  $0.4876 > 0.0500$ , a hipótese de que a inclinação é zero não rejeitado.

O mesmo pode observar que a umidade no noni liofilizado sofreu uma leve queda com o tempo, isto pode ser explicado pelo fato de não ter ocorrido aumento no teor de açúcar, sendo assim não houve interferência na água ligada e não houve mudança na atividade de água.

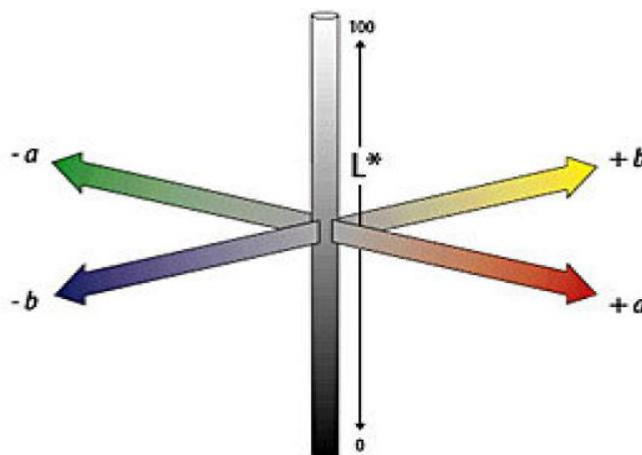


**Figura 20.** Relação entre tempo e umidade do noni liofilizado.

### 5.3. Cor

A Tabela 6 apresenta parâmetros de cor resultantes das características do produto. O valor de  $L^*$  é um parâmetro que indica luminosidade e no suco fermentado é compatível com a coloração escura característica que o produto adquire após a fermentação. A cor de determinado alimento ou qualquer outro objeto é representada por um ponto no espaço tridimensional. As coordenadas representativas das cores estão assim distribuídas:

- $L^*$  que varia do preto (0) ao branco (100) representa luminosidade, ou seja, a capacidade de refletir a luz incidida;
- $a^*$  varia do vermelho (+100) ao verde (-80);
- e o  $b^*$  variando do azul (-70) ao amarelo (+70).



**Figura 21.** Escala de cor CIELAB.

**Tabela 6.** Parâmetros de cor CIELab para o noni(*morinda citrifolia*) in natura submetido a diferentes tratamentos.

Tratamento	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Noni <i>in natura</i>	$26,75 \pm 0,21$	$4,26 \pm 0,16$	$4,59 \pm 0,15$
Noni <i>in natura</i> liofilizado	$11,28 \pm 0,04$	$1,67 \pm 0,04$	$18,67 \pm 0,08$

Valores expressos em média  $\pm$  desvio padrão.

O valor de  $L$  é um parâmetro que indica luminosidade e tanto no suco fermentado (26,75), quanto no noni liofilizado é compatível com a coloração escura característica que o produto adquire após a fermentação. O parâmetro  $a$  corresponde a faixa de cor que vai do vermelho ao verde e o  $b$ , do amarelo ao azul. Todos os valores do parâmetro  $b$  foram positivos, desta forma as amostras estão na faixa de cor próxima ao amarelo.

## 5.4 Fenólicos totais

Os compostos fenólicos são responsáveis pela adstringência, cor e estrutura, sendo as antocianinas, os taninos e os ácidos fenólicos, os mais importantes (MIELLE *et al.*, 1990).

De acordo com Falcão *et al.* (2007) o conteúdo de compostos fenólicos que prevalece nos produtos elaborados com uva pode ser dependente de vários fatores, como a variedade da uva, o método aplicado na extração destes compostos e as condições de armazenamento.

Na figura 22 é possível visualizar os tubos contendo concentrações para dosagem de fenólicos totais.



**Figura 22.** Curva de calibração para dosagem de fenólicos totais

A curva de calibração para determinação dos fenólicos totais, foi definida pela equação  $y = 0,013x + 0,024$  ( $R^2 = 0,998$ ). A tabela 7 resume os resultados.

**Tabela 7:** Teores de fenólicos totais (expresso em equivalente de ácido gálico) presente no extrato etanólico da polpa do noni (*Morinda citrifolia*).

Extrato	Amostra	In fermentado	In liofilizado	24 dias fermentado	24 dias liofilizado
Etanólico	Polpa noni	17,46 ± 0,015	6,26 ± 0,003	5,77 ± 0,005	5,28 ± 0,009

\* valores correspondem à média ± desvio padrão, n=3

Roesler *et al.* (2007), analisando frutos do cerrado quanto ao conteúdo de fenólicos presente em extrato etanólico da banha galinha, foi encontrado para a polpa (4,68mg/ 100g), araticum (20,31mg/100g) e para casca, valor de 18,31mg/100g, tanto para o extrato etanólico da polpa como da casca, em estudos com o noni foram encontrados valores de 17,466 mg/100g (noni inatura), 6,268mg/100g (noni liofilizado), 5,744mg/100g (noni com 24 dias

fermentado) e 5,281 mg/100g (noni com 24 dias liofilizado). Pode-se inferir de acordo com esses resultados que o extrato etanólico do noni possui teor considerável de fenólicos totais quando comparados a frutos do cerrado.

### **5.5. Atividade antioxidante utilizando o radical DPPH·**

Souza et al., 2011, afirmam que atualmente, não existe um método oficial para a determinação da atividade antioxidante em alimentos de origem vegetal e seus subprodutos, tendo em vista os vários mecanismos antioxidantes que podem ocorrer, bem como a diversidade de compostos bioativos. A literatura descreve vários métodos antioxidantes, cada um com um princípio distinto que utilizam radicais livres e/ ou padrões diversos. Dessa forma, os estudos que visam a avaliar propriedades antioxidantes de extratos vegetais utilizam mais de uma metodologia para inferir, com maior segurança, se os extratos analisados poderão apresentar, também, alguma atividade em combater os radicais livres formados no interior do organismo humano.

Entre as metodologias que têm sido utilizadas, destacam-se as que utilizam os radicais DPPH e ABTS+, além do método de cooxidação do  $\beta$ -caroteno ácido linoleico, pela facilidade de execução e pela boa correlação com as demais metodologias antioxidantes. Villaño et al. (2006) constataram que os ácidos fenólicos siríngico, vanílico e p-cumárico, e a procianidina B3 não reagem com o radical ABTS+; entretanto, apresentam elevada atividade antioxidante pelo método DPPH.

Não existe sistema de extração com solventes que seja satisfatório para o isolamento de todos ou de classe específica de antioxidantes naturais, devido a diversos fatores. A natureza química desses compostos nos alimentos varia do simples ao altamente polarizado, a grande variedade de compostos bioativos nos vegetais (como os ácidos fenólicos, antocianinas e taninos) e diferentes quantidades presentes, além da possibilidade de interação dos compostos antioxidantes com carboidratos, proteínas e outros componentes dos alimentos (SHAHIDI; NACZK, 2004; SOUSA et al., 2011). Portanto, neste estudo, foram utilizados os solventes mais citados na literatura como mais eficientes na extração de compostos com atividade antioxidante.

A intensidade da cor varia de acordo com a concentração, conforme mostra figura 23.

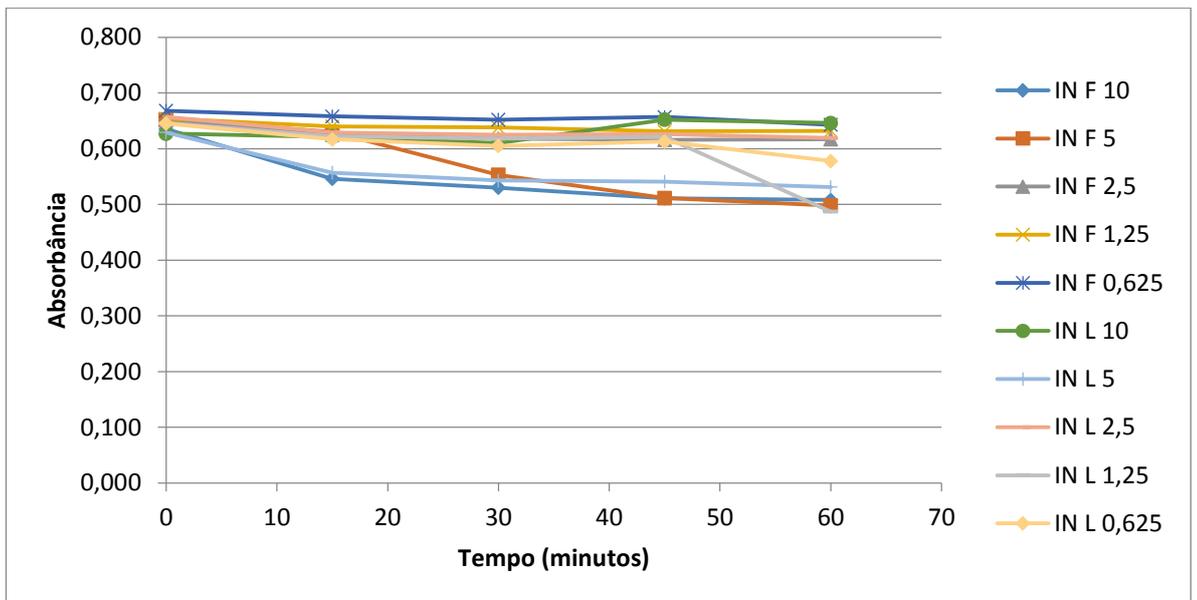


**Figura 23.** Atividade antioxidante avaliada pelo método do DPPH

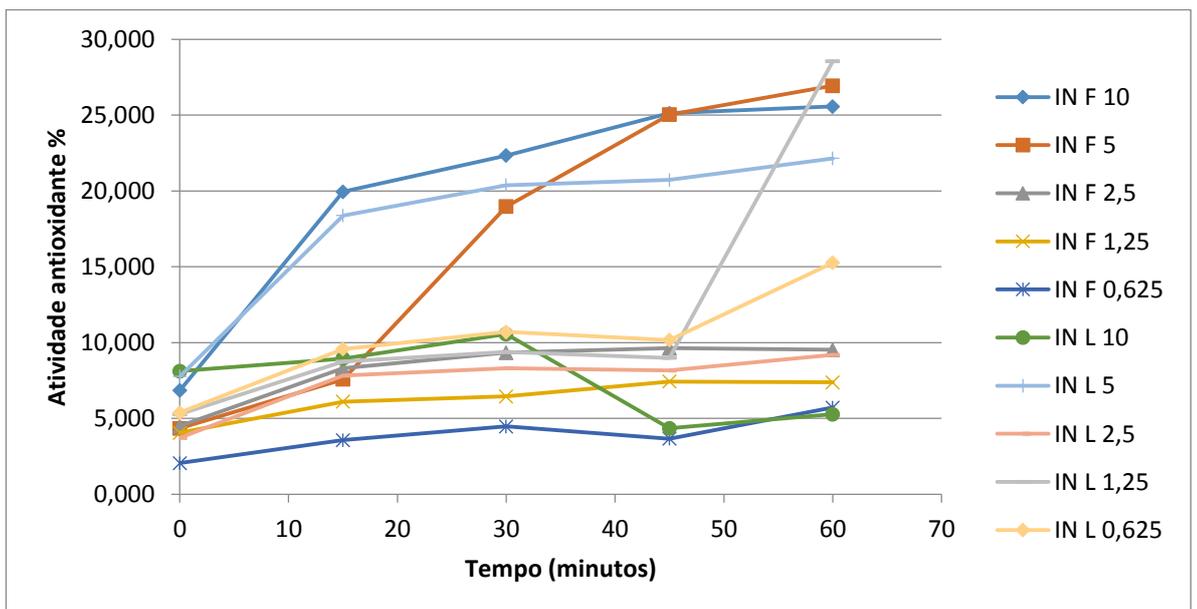
Podem existir três tipos de comportamento cinético entre compostos com atividade antioxidante: substâncias que reagem rapidamente com o DPPH, chegando ao final da reação em menos de um minuto (cinética rápida); substâncias que finalizam a reação em até 30 minutos (cinética intermediária) e substâncias de cinética lenta que demoram mais de uma hora para completar a reação (cinética lenta) (BRAND-WILLIAMS, CUVELIER, BERSSET, 1995).

Nas Figuras de 24 a 27 pode-se visualizar a atividade antioxidante dos extratos na polpa do noni, em distintas concentrações, nos tempos de 0, 15, 30, 45 e 60 minutos. Percebe-se que os extratos possuem comportamento diferenciado de acordo com a concentração usada nos testes, mas de uma forma geral, o decaimento na absorbância é mais evidente nos primeiros quinze minutos de reação, demonstrando que os extratos de noni possuem compostos antioxidantes de ação rápida, característica importante para um bom extrato antioxidante.

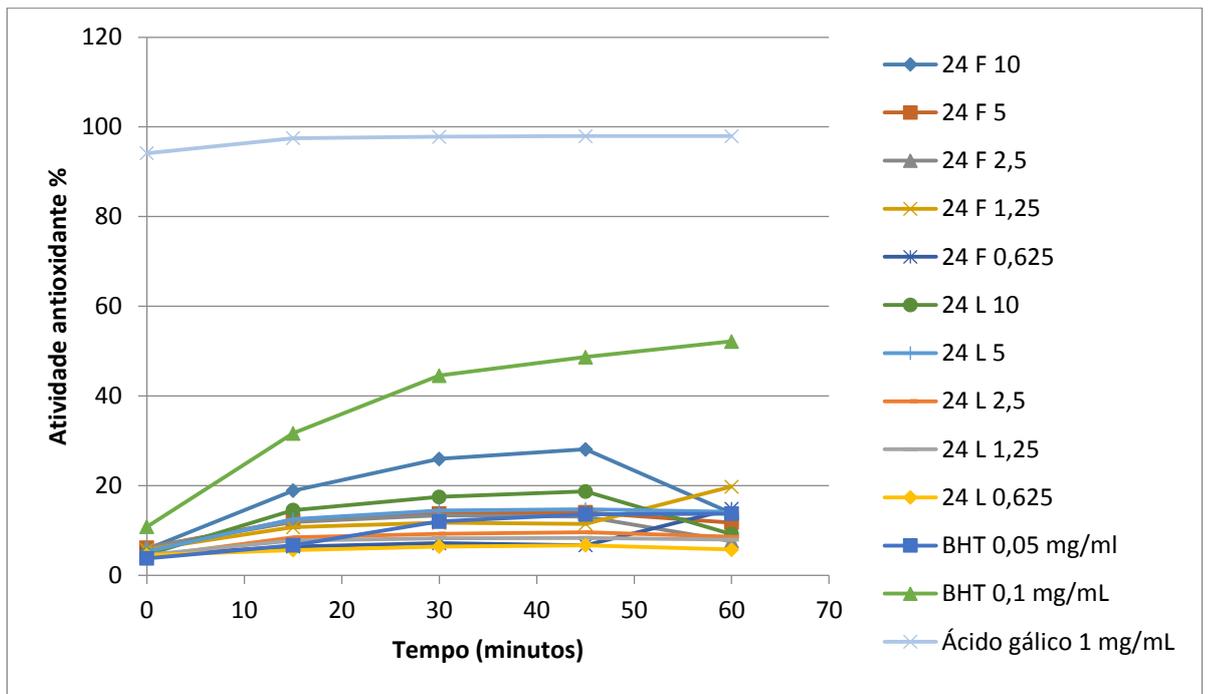
A partir das figuras seguintes, pode-se observar que, de uma forma geral, a degradação do controle quase totalmente aos 60 minutos de reação, ou seja, nesse intervalo de tempo os radicais gerados degradam-se praticamente todo durante o sistema.



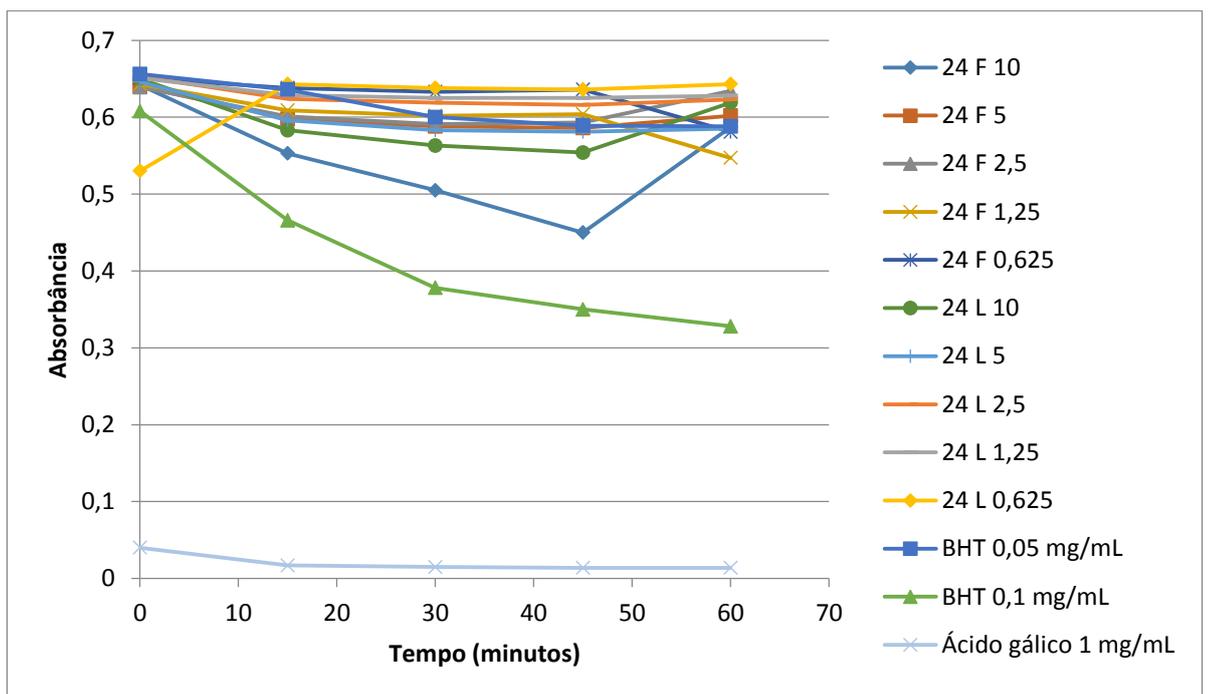
**Figura 24.** Absorbância do noni in natura pelo método DPPH.



**Figura 25:** Atividade antioxidante do noni in natura, pelo método DPPH.



**Figura 26:** Atividade antioxidante do noni com 24 dias, pelo método DPPH



**Figura 27:** Absorbância do noni com 24 dias, pelo método DPPH.

O ácido gálico apresentou atividade antioxidante superior em relação aos outros padrões. O BHA foi um dos compostos que apresentou atividade antioxidante mais baixa entre os compostos analisados.

A cinética do ácido gálico, alfa-tocoferol, ácido ascórbico e BHA estão de acordo com a cinética encontrada por Brand-Willians, Cuvelier e Berset (1995). A cinética da quercetina está de acordo com a encontrada por Peyrat-Maillard, Bonnely e Berset (2000).

Na avaliação da atividade antioxidante por este método, as substâncias antioxidantes presentes nos extratos reagem com o DPPH, que é um radical estável, convertendo-o na sua forma reduzida 2,2-difenil-1-picril hidrazina. O grau de descoloração vai indicar o potencial antioxidante de cada extrato, a habilidade do antioxidante em seqüestrar radicais livres será inversamente proporcional ao valor do EC<sub>50</sub>, que é a quantidade de antioxidante capaz de seqüestrar metade dos radicais livres DPPH presentes em solução. Quanto menor o valor de EC<sub>50</sub>, maior a atividade do antioxidante, menor quantidade de extrato será necessária para reduzir em 50% do radical livre DPPH.

Neste estudo, a capacidade em seqüestrar os radicais DPPH foi avaliada utilizando concentrações distintas para cada extrato, variando de acordo com a resposta antioxidante de cada um. Uma curva linear foi obtida entre a concentração do antioxidante e o seqüestro do radical, calculando-se a partir disso o EC<sub>50</sub>.

Lima (2008), avaliando a capacidade antioxidante do extrato etanólico da polpa e amêndoa do pequi, pelo método DPPH, determinou valor de EC<sub>50</sub> para a polpa (820,37) menor que o encontrado para a o noni neste trabalho, variando entre 0,4090 até 0,4697. Roesler *et al.*,(2007), avaliando a capacidade antioxidante de frutas do cerrado brasileiro, encontrou valores de EC<sub>50</sub>, para os extratos aquosos e etanólicos da polpa, respectivamente, de 879,93ppm e 387,47ppm para cagaita, 1.321,93ppm e 148,82ppm para o araticum e 1328,98ppm e 182,16ppm para lobeira. Jorge *et al.*,(2009), analisando o extrato etanólico da semente do maracujá, obtiveram EC<sub>50</sub> de 113,41ppm.

**Tabela 8.** Concentração de EC<sub>50</sub> encontrado no fruto do noni

	EC <sub>50</sub> mg/mL	Fruto g/g DPPH
In F	0,4697	0,04
In L	0,4090	0,03
24 F	0,431	0,04
24 L	0,4131	0,04

Os extratos alcoólico, tanto da polpa liofilizada quanto da polpa fermentada, somente apresentaram atividade antioxidante em baixas concentrações (0,4131 a 0,4697 mg/mL), apresentando baixos valores de EC<sub>50</sub> (0,03- 0,04).

## 5.6. Atividade antioxidante pelo método ABTS<sup>•+</sup>

Segundo Van Den Berg *et al.*,(1999) o resultado da avaliação da atividade antioxidante pelo método ABTS geralmente é expressa como valor TEAC (Atividade Antioxidante Total Equivalente ao Trolox), o qual é definido como a concentração de Trolox que apresenta o mesmo percentual de inibição que uma concentração de 1mM do composto de referência. Muitos trabalhos divergem quanto aos tempos usados para medir a reação. Tempos mais longos são mais utilizados do que os tempos mais curtos, isso porque os antioxidantes alimentares não reagem tão rapidamente com o radical, a medida em um tempo muito curto poderia subestimar o valor de TEAC.

**Tabela 9.** Concentração de Trolox encontrado no fruto do noni

	1000mcM Trolox	g de extrato/ mcM de Trolox
In F	19,67	0,0197
In L	39,11	0,0391
24 F	24,63	0,0246
24 L	81,00	0,0810

Constatou-se que tanto os extratos liofilizados quanto os fermentados do noni continuam reagindo com o radical ABTS<sup>•+</sup> ao longo do tempo de reação, apresentando valores absolutos de Trolox maiores com o tempo. Observou-se que a reação, de uma forma geral, tende a estabilizar aos 60 minutos.

## 6. CONCLUSÃO

Embora não se tenha muitos estudos e conhecimentos no Brasil, o noni (*morinda citrifolia*) já é um fruto bastante utilizado devido suas características benéficas à saúde. A realização da caracterização físico-química do fruto liofilizado mostrou se tratar de um fruto ácido, com alta porcentagem de umidade devido a água ser seu maior constituinte. E que se encaixa dentro dos padrões dados pela literatura de acordo com as análises realizadas.

Apresentando desta forma um grande potencial para seu aproveitamento comercial, como beneficiamento de sucos. A análise da capacidade antioxidante concluiu que o noni é rico em antioxidante o que contribui para os efeitos benéficos à saúde. Esta pesquisa proporcionou uma melhor compreensão da composição química e de propriedades funcionais do noni.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akihisa, T., Matsumoto, K., Tokuda, H., Yasukawa, K., Seino, K., Nakamoto, K., Kuninaga, H., Suzuki, T., and Kimura, Y. **Anti-inflammatory and Potential Cancer Chemopreventive Constituents of the Fruits of *Morinda citrifolia* (Noni)**. *Journal of Natural Products*, v.70, n.5, p 754–757, 2007.

Ames, B. N.; GOLD, L. S.; WILET, W. C. The causes and prevention of cancer. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, U.S.A. v. 92, p. 5258-5265, 1995.

Andrade, R. S. G. de. et al. **Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais**. *Eclética Química*. v.27, 2002.

Arnao, Marino B. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v.11, p. 419- 421, 2000.

Baldi, G., Barresi, A., Hammouri, H., Parvis, M., Vallan, A., Velardi, S., **Optimization and control of the freeze-drying process of pharmaceutical products**. Google Patents, 2012.

Barros, S. P. N.; MAIA, G. A.; BRITO, E. S.; NETO, M. A. S.; SAOUSA, J. A. **Caracterização físico-química da polpa de noni (*Morinda citrifolia* L)**. Anais do XX Congresso Brasileiro de Fruticultura. 54th Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture. Vitória/SE, 2008.

Basar, S. e Westendorf, J. **Mineral and Trace Element Concentrations in *Morinda citrifolia* L. (Noni) Leaf, Fruit and Fruit Juice**. *Food and Nutrition Sciences*, v.3, n.8, p.1176-1188, 2012.

Brand-williams, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel Wissenschaft Und Technologie**, v. 28, p. 25-30, 1995.

Canuto, G. A. B. et al. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 32, p. 1196-1205, 2010.

Chaves, M. C. V; GOUVEIA, J. P. G; ALMEIDA, F, A. C; LEITE, J. C. A; SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da terra**, v. 4, n. 2. 2004.

Chunhieng, T. **Développement de nouveaux nutraceutiques à partir de graines et fruits d'origine tropicale**: application a la noix du Brésil *Bertholettia excelsa* et au fruit de Cambodge *Morinda citrifolia*. 2003. 181 f. Thèse (Docteur) – Université de Nancy, France, 2003.

Chung-Yi Wang, Chang-Chai Ng, Hsuan Su, Wen-Sheng Tzeng, and Yuan-Tay Shyu **Probiotic potential of noni juice fermented with lactic acid bacteria and bifidobacteria** 2009, Vol. 60, No. s6 , Pages 98-106 (doi:10.1080/09637480902755095)

College of Tropical Agriculture and Human Resources. **The Noni Website**, Manoa, Hawaii, 2005. Disponível em: [www.ctahr.hawaii.edu/noni/nutritional\\_analysis\\_Juice.asp](http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/nutritional_analysis_Juice.asp). Consultado em 04/05/2015

Correia, A. A. da S. **Maceração Enzimática da Polpa de noni (*Morinda citrifolia* L.)**. Dissertação. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2011.

Correia, A. A. S. *et al.* **Caracterização química e físico-química da polpa do noni (*Morinda citrifolia*) cultivado no estado do Ceará**. Alim. Nutr., Araraquara, v. 22, n. 4, p. 609-615, out./dez. 2012.

Daraoui, N., Dufour, P., Hammouri, H., Hottot, A., **Model predictive control during the primary drying stage of lyophilisation**. Control Engineering Practice 18, 483-494, 2010.

Desai, N., Gaikwad, D. **Proximate composition and some physicochemical properties of Morinda pulp.** Int. J. Applied Bio. Pharma. Tech 1, 2010.

Diaz, M. N.; FREL, B.; KEANEY, J. F. Jr. Antioxidants and atherosclerotic heart disease. **New Engl. J. Med**, v. 337, n. 6, p. 408-416, 1997.

Dixon, A.R., McMillen, H., Etkin, N.L., **Ferment this: the transformation of Noni, a traditional Polynesian medicine (*Morinda citrifolia*, *Rubiaceae*).** Economic botany 53, 51-68, 1999.

Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., Vidal, N., 2006. **Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds.** Food Chem. 97 (4), 654–660

Dulf, F. V.; Oroian. L; Vodnar. D.C.; Socaciu, C.: Pinteaa, A. **Lipid Classes and Fatty Acid Regiodistribution in Triacylglycerols of Seed Oils of Two Sambucus Species (*S. nigra* L. and *S. ebulus* L.)** Molecules, v.18, n.10, p11768-11782, 2013; doi:10.3390/molecules181011768

Dussosoy, E., Brat, P., Bony, E., Boudard, F., Poucheret, P., Mertz, C., Giaimis, J., Michel, A., **Characterization, anti-oxidative and anti-inflammatory effects of Costa Rican noni juice (*Morinda citrifolia* L.).** Journal of ethnopharmacology 133, 108-115, 2011.

European Scientific Commission on Food. **Opinion on the Scientific Community on Food on Tahitian Noni® Juice.** European Community, Brussels, Belgium, 2002.

FAO/OMS. **Human Vitamin and Mineral Requirements.** In: Report 7<sup>a</sup> Joint FAO/OMS Expert Consultation. Bangkok, Thailand, 286p., 2001.

Falcão, A. P. *et al.* Índice de polifenóis, antocianinas totais e atividade antioxidante de um sistema modelo de geléia de uvas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 637-642, 2007.

Fellows, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios praticas**. 2ed. Porto Alegre: Artmed. 2006. 602p.

Ghiselli A, SERAFINI M, NATELLA F, SCACCINI C: Total antioxidant capacity as a tool to assess redox status: critical view and experimental data. **Free Radic Biol Med** **29**: 1106-1114, 2000.

Gupta, R.K., Patel, A.K., **Do the Health Claims Made for *Morinda citrifolia* (Noni) Harmonize with Current Scientific Knowledge and Evaluation of its Biological Effects**. Asian Pacific Journal of Cancer Prevention 14, 4495-4499, 2013.

Hafiza, Z.N., Maskat, M., Liew, S., Mamot, S., **Fermentation of *Morinda citrifolia* extract by *Saccharomyces cerevisiae* as affected by substrate concentration, inoculum size, temperature and fermentation time**. International Food Research Journal 20, 2013.

Halliwell, B.; GUTTERIDGE, J.M.C. Free radicals, other reactive species and disease. In: **Free radicals in biology and medicine** (Halliwell B, Gutteridge JMC, eds), pp 617–784. Oxford: Oxford UP. 1998.

Horwitz, W., Latimer, G., **Official methods of analysis of AOAC International**. Gaithersburg, MD: AOAC international, 2000.

Huang, Y.; Jacques, F.M.B.; Liu, Y.S.; Su, T.; Xing, Y.; Xiao, X.; Zhou, Z. **New fossil endocarps of *Sambucus* (*Adoxaceae*) from the upper Pliocene in SW China**. Review of Paleobotany and Palynology. v.171, p.152-163, 2009.

Huang, D.; OU, B.; PRIOR. R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p.1841-56, 2005.

Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 1. ed. Digital. São Paulo: IAL, 2008.

Jensen. K.; Christensen. L.P.; Hansen. M.; Jorgensen, U.; Kaack. K. **Olfactory and quantitative analysis of volatiles in elderberry (*Sambucus nigra*, L) juice processed from seven cultivars.** Journal of Food Science and Agriculture. n.81,p. 237-244. 2001

Jorge, N; MALACRIDA, C. R; ANGELO, P. M; ANDREO, D. Composição centesimal e atividade antioxidante do extrato de sementes de maracujá (*Passiflora edulis*) em óleo de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.39, n.4, p.380-385, 2009.

Joshi, A., Chilkawar, P., Jadhav, B., **Studies on Physico-Chemical Properties of Noni Fruit (*Morinda Citrifolia*) and Preparation of Noni Beverages.** 2012.

Kite, G. C.; Larsson, S.; Veitch, N.C.; Porter, E.A.; Ding, N.; Simmonds, M.S.J. **Acyl Spermidines in Inflorescence Extracts of Elder (*Sambucus nigra* L., Adoxaceae) and Elderflower Drinks.** Journal of Agricultural and Food Chemistry. v.61, p.3501-3508, 2013.

Kumoro, A.C., Retnowati, D.S., Budiyati, C.S., **Influence of Temperature and Solid Concentration on the Physical Properties of Noni (*Morinda citrifolia* L.) Juice.** Food and bioprocess technology 4, 1482-1488, 2011.

Kuskoski, E.M. et al. **Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos.** Ciência e Tecnologia Alimentos, Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, out.-dez. 2005.

Kyzlink. V. Developments in food science 22, **Principles of food preservation.** Elsevier Science Publishing Co. Inc, New York. 1990.

Lee, S.-Y., Park, S.-L., Hwang, J.-T., Yi, S.-H., Nam, Y.-D., Lim, S.-I., **Antidiabetic Effect of *Morinda citrifolia* (Noni) Fermented by Cheonggukjang in KK-A y Diabetic Mice.** Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2012

Lima, A. de **Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e in vivo, e identificação dos compostos fenólicos presentes no pequi (Caryocar brasiliense, Camb.)**. Tese (doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. São Paulo. p.182, 2008.

Liu, C.-H., Xue, Y.-R., Ye, Y.-H., Yuan, F.-F., Liu, J.-Y., Shuang, J.-L., **Extraction and Characterization of Antioxidant Compositions From Fermented Fruit Juice of Noni (*Morinda citrifolia*)**. Agricultural Sciences in China 6, 1494-1501, 2005.

Macpherson, H., Daniells, J., Wedding, B., Davis, C., **The Potential for a New Value Adding Industry for Noni Tropical Fruit Producers**. Rural Industries Research and Development Corporation. 2007.

Matoso, L.M.L., de Melo, C.C.R., Menezes, L.M.d.C.S., de Oliveira, L.E., de Oliveira, K.K.D., **As Características e a Utilização do Noni (*Morinda Citrifolia*)**. Ciência & Desenvolvimento-Revista Eletrônica da FAINOR 6, 2013.

McClatchey, W. From **Polynesian healers to health food stores: Changing perspectives of *Morinda citrifolia* (Rubiaceae)**. Integrative Cancer Therapies 1(2), pp. 110-120, 2000. Disponível em [www.ctahr.hawaii.edu/nni/](http://www.ctahr.hawaii.edu/nni/). Acesso em 15. Mai.2015

Miele, A. et al. Free amino acids in Brazilian grape juices. **Rivista di Viticoltura e di Enologia**, v. 43, n. 4, p. 15-21, 1990.

Nandhasri, P., Thamaree, S., Punjano, T., Kietinun, S. **Bio-extract Concentrated of Thai “Yor” *Morinda citrifolia* Effects in Analgesic, Acute Toxicity and Human Peripheral Blood Mononuclear Cells**. Thammasat Medical Journal, v. 11 n. 1, January-March 2011.

Nelson, S.C. **Species profiles for Pacific Island Agroforestry**. April, ver.4, p. 1-19, 2006. Disponível em: <http://www.aqroforestrv.net/tti/Morinda-noni.pdf>. Acesso em: 12 de janeiro de 2015.

Nelson, S. C. *morinda citrifolia* L. University of Hawai “**i at Manoa**”, College of Tropical Agriculture and Human Resources, Holualoa, Hawaii, 2013.

Newton, K. **Production of non juice and powder in Samoa**. In: Proceedings of the 2002 Hawaii Noni Conference (ed. S.C. Nelson) pp. 29-32, 2003. College of Tropical Agriculture and Human Resources, Disponível em [www.ctalir.hawaii.edu/noni/](http://www.ctalir.hawaii.edu/noni/). Acesso em 12. Mai 2015

Oliveira, L. P. **Seleção e aproveitamento biotecnológico de frutos encontrados na Amazônia para elaboração de bebida alcoólica fermentada utilizando leveduraimobilizada**. Manaus: UFAM, 2006. 171p. (Tese de Doutorado em Biotecnologia).

Ordóñez, J.A. Tecnologia de Alimentos - **Componentes dos Alimentos e Processos**. Vol. 1. Tradução: Fátima Murad. Artmed Editora, Porto Alegre, p.25-31; 201-203. 2005.

Peyrat-Maillard, M. N.; Bonnely, S.; Berset, C. Determination of antioxidant activity of phenolic compounds by coulometer detection. **Talanta**, v. 51, p. 709-716, 2000.

Porto, R.L., Leal, M.J., Moreira-Araújo, R.S.d.R., Silva, M.d.G., Barros, N.V.d.A., **Análise da composição físico-química do noni (*morinda citrifolia* linn.)**. Nutrire 36, 260-260, 2011.

Praxedes, W. D. S. *et al.* **Avaliação das características físico-químicas de frutos do noni (*Morinda citrifolia* L.)**. VII CONNEPI - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas, 2012.

Prior, R. L.; WU, X.; SCHAICH, K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.10, p.4290-4302.,2005.

Ram. J. Noni processing and quality control: **Protecting the image of Hawaiian products**. In: Proceedings of the 2002 Hawaii Noni Conference (ed. S.C. Nelson) pp. 25-32, 2003. College of Tropical Agriculture and Human Resources. Disponível em [www.ctahr.hawaii.edu/noni/](http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/). Acesso em 19. Abri.2015.

Razafimandimbison, S. G., McDowell, T. D., Halford, D. A., Bremer, B. J. **Origin of the pantropical and nutraceutical *morinda citrifolia* L. (Rubiaceae): comments on its distribution range and circumscription** *Journal of Biogeography* . n. 37, v.3, p.520-529, 2010. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2009.02229.x

Re, Roberta; PELEGRINI, Nicoletta; PROTEGGENTE, Anna; PANNALA, Ananth; YANG, Min; RICE-EVANS, Catherine. Antioxidant activity applying and improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 26, n. 9/10, p. 1231-1237, 1999.

Rethinam P, Sivaraman K. Noni (*morinda citrifolia*, L) the Miracle Fruit - **A Holistic Review**. *International Journal of Noni Research*, n 2, p1-34, 2007

Rice-Evans, Catherine; MILLER, Nicholas J.; PAGANGA, George. Structure-antioxidant activity relationship of flavonoids and phenolic acids. **Free Rad. Biol. Med.**, New York, v. 20, n. 7, p. 933-956, 1996.

Roesler, R; MALTA, L. G; CARRASCO, L. C; HOLANDA, R. B; SOUSA, C. A. S; PASTORE, G.M. Atividade antioxidante de frutas do serrado. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 27, n.1, p. 53-60, 2007.

Rufino, M., Alves, R., Brito, E., Morais, S., **Determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método betacaroteno/ácido linoléico**. Fortaleza: EMBRAPA, 2007.

Rufino, M.do S. M. Propriedades Funcionais de frutas tropicais brasileiras não tradicionais. **Tese**. Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró- RN, 2008.

Russell, H., Island Energy Juice-Noni Juice. **Fruit processing: journal for the fruit processing and juice producing european and overseas industry** 10, 486-490, 2000.

Savo, I., Dragan, M., Miladin, B., **Specificities of fruit freeze drying and product prices.** Economics of Agriculture/Ekonomika Poljoprivrede 59, 2012.

Seabra. I. J.: Braga, M. E. M.: Batista, M. T. P.: de Sousa, H. C. **Fractioned High Pressure Extraction of Anthocyanins from Elderberry (*Sambucus nigra* L.) Pomace.** Food and Bioprocess Technology. n.3, p. 674-683, 2010.

Searls JA, Carpenter T and Randolph TW, **The Ice Nucleation Temperature Determines the Primary Drying Rate of Lyophilisation for Samples Frozen on a Temperature-Controlled Shelf,** J Pharm Sci 90: pp860-871,2001

Sever RR, **ControlLyo Nucleation On-Demand Technology,** SP Scientific Lyolearn Webinar, 2010. Visit [www.spscientific.com/LyoTech-Center/Lyo-Learn-Webinars-Archive.aspx](http://www.spscientific.com/LyoTech-Center/Lyo-Learn-Webinars-Archive.aspx)

Shahidi e Nackz. Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. **J. Agric. Food Chem.**, v. 53, p.7749-7759, 2004.

Silva e Sá, A. P. C. **Potencial antioxidante e aspectos químicos e físicos das frações comestíveis (polpa e cascas) e sementes de Jamelão (*Syzygiumcumini*, L. Skeels).**86f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

Smith, R.E. Tran, K., Richards, K.M., Ryan, S., Luo, R. and Chaves, M.A. **Noni Composition and Health Benefits** IN: Katherlyn Elizabeth Elder, Editor: Fruit Juices Types, Nutritional Composition and Health Benefits. Nova Science Publishers, Inc., New York. ISBN: 978-1-63321-135-3 (eBook), p. 21-41, 2014.

Souza, V. R. et al. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v. 134, n. 1, p.381-386, 2011.

Stransky, K.; Valterova, L; Fiedler. P. J. **Nonsaponifiable lipid components of the pollen of elder (*Sambucus nigra* L.)**. Journal of Chromatography A, v. 936, n. 1–2, 2001;

Van den berg, R; HAENEN, G. R. M. M; VAN DEN BERG, H; BAST, A. Aplicability of an improved trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. **Food Chemistry**, v.66, p. 511, 1999.

Villaño, D.; FERNANDEZ-PCHÓN, M.S.; TRONCOSO, A.M.; GARCIA-PARRILLA, M.C. influence of enological practices on the antioxidant activity of wines. **Food Chemistry, Oxford**, v.95, p.394-404, 2006.

West, B. J.; DENG, S.; JENSEN, C. J. Nutrient and phytochemical analyses of processed noni puree. **Food Res. Int.**, v. 44, p. 2295-2301, 2011.

Yang et al. **Free-radical-scavenging activity and total phenols of noni (*Morinda citrifolia* L.) juice and powder in processing and storage**. Food Chemistry, v.102, p.302-308, 2007.

Young I.S., WOODSIDE J.V. (2001).Antioxidants in health and disease.**J. Clin. Pathol.** **54**: 176-186.

Zin, et al. **Antioxidative activities of chromatographic fractions obtained from root, fruit and leaf of Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.)**. Food Chemistry, v.94, p.169-178, 2006.