



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO



MARIA AUXILIADORA CONCEIÇÃO DE FREITAS

**DESEMPENHO DE *LITHOTHAMNIUM* SP. NO CULTIVO DE MANGA  
'PALMER' EM ARGISSOLO**

Areia - PB

Outubro de 2016

**MARIA AUXILIADORA CONCEIÇÃO DE FREITAS**

**DESEMPENHO DE *LITHOTHAMNIUM* SP. NO CULTIVO DE MANGA  
'PALMER' EM ARGISSOLO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Ciência do Solo. Área de concentração Ciclos Biogeoquímicos em Agroecossistemas.

Orientadora: Profa. Dra. Vânia da Silva Fraga

Areia - PB

Outubro de 2016

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da  
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB

F866d Freitas, Maria Auxiliadora Conceição de.

Desempenho de *lithothamnium* sp. no cultivo de manga 'palmer' em  
argissolo / Maria Auxiliadora Conceição de Freitas. - Areia: UFPB/CCA,  
2016.

xiv, 73 f.: il.

Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Agrárias.  
Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

Bibliografia.

Orientadora: Vânia da Silva Fraga.

1. Cultivo de manga – Nutrição vegetal 2. Algas na agricultura –  
*Lithothamnium* 3. *Mangifera indica* – Nutrição mineral I. Fraga, Vânia da  
Silva (Orientadora) II. Título.

UFPB/CCA

CDU:

MARIA AUXILIADORA CONCEIÇÃO DE FREITAS

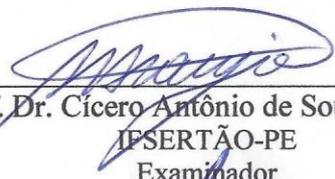
**DESEMPENHO DE *LITHOTHAMNIUM* SP. NO CULTIVO DE MANGA  
'PALMER' EM ARGISSOLO**

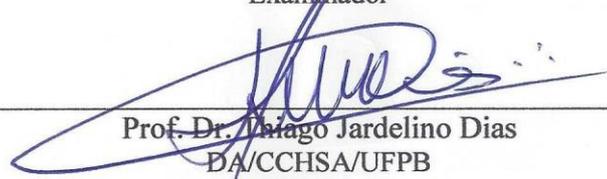
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo do Centro de Ciências Agrárias da  
Universidade Federal da Paraíba, como parte dos  
requisitos para a obtenção do título de Doutora em  
Ciência do Solo. Área de concentração: Ciclos  
Biogeoquímicos em Agroecossistemas.

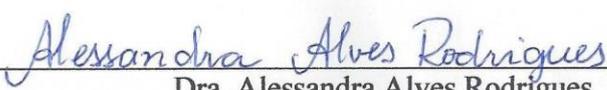
Aprovada em: 18 / 10 / 2016 .

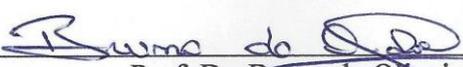
**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Vânia da Silva Fraga  
DSER/CCA/UFPB  
Orientadora

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Cícero Antônio de Souza Araújo  
IFSERTÃO-PE  
Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias  
DA/CCHSA/UFPB  
Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Alessandra Alves Rodrigues  
Bolsista PNPd/CAPES/PPGCS  
Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias  
DSER/CCA/UFPB  
Examinador

Àqueles que com a mesma simplicidade que me ensinam a valorizar e respeitar minhas raízes, impulsionam-me a vislumbrar outros horizontes. A papai e mamãe com alegria e gratidão dedico.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Paraíba – UFPB, que com seriedade assume a função de ensinar;

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da UFPB, por oportunizar o aprimoramento da minha formação;

À Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, pelo apoio prestado durante a realização deste curso e ao corpo docente pelos conhecimentos transmitidos;

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo durante o curso;

Ao CNPq e à empresa Valeagro Comércio Importação e Exportação LTDA, pelo financiamento da pesquisa;

À Professora Dra. Vânia da Silva Fraga, pela serenidade na orientação, pela liberdade e confiança a mim concedidas para a definição da pesquisa, meu profundo respeito e sincera admiração;

Ao Professor Dr. Cícero Antônio de Souza Araújo, a sua orientação, amizade, disponibilidade e colaboração contribuíram para a realização deste trabalho, obrigada pelo carinho e atenção, por compartilhar seus conhecimentos;

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano - IF Sertão-PE, campus Zona Rural, pela concessão da infraestrutura fundamental para a realização desta pesquisa;

Ao empresário José Ramos, pelo incentivo à pesquisa, pela confiança e contribuição com recursos econômicos e humanos para a execução deste trabalho.

À Fazenda Aracê Agrícola, em especial o Sr. Akio pela cedência da área experimental, pela confiança e apoio dispensados durante todas as etapas de desenvolvimento do experimento;

Aos membros da banca examinadora, pelas observações e considerações feitas para a redação final do trabalho;

Ao Professor Dr. Marcos Lima, por disponibilizar o Laboratório de Análises de Águas e o Laboratório Experimental de Alimentos para a realização das análises pós-colheita da pesquisa;

Aos companheiros de campo e laboratório Raquel Freitas, Joyce Reis, Eraldo Ramos, Valéria Borges, Dudu, Maria do Socorro, Lúcia Lima, Socorro Freitas, Missias Araújo, Corina Freitas, Tamires, Rubinho, Graciene Silva e Adeilson Cardoso, pela

inesquecível convivência e colaboração, momentos de exaustão e descontração compartilhados, todo o meu carinho e gratidão;

À Graciene Silva, laboratorista do Laboratório de Análises de Solos e Plantas do IF Sertão-PE, campus Petrolina Zona Rural, pela amizade, ensinamentos compartilhados e por toda a colaboração para a realização das análises dessa pesquisa;

Aos bolsistas do Laboratório de Solos e Plantas do IF Sertão-PE, em especial, Jayne, Bárbara e Marcos Ezequiel, pela colaboração na realização das análises;

À Lúcia Costa, amiga-irmã, pela parceria e companheirismo, compartilhando dificuldades e alegrias cotidianas;

Ao Professor Dr. Fábio Freire, do IF Sertão-PE, pela atenção, dedicação, apoio e incentivo.

Aos funcionários da empresa Valeagro, Ângelo, Missias, e Rubinho, que com disponibilidade, respeito e atenção colaboraram com este trabalho, grata consideração;

Aos funcionários da Fazenda Aracê Agrícola, em especial, Diego, Machado, Ribeiro, Jackeline, pela contribuição prestada para no desenvolvimento desta pesquisa;

Ao funcionário da Special Fruit, Carlos Henrique, que gentilmente cedeu uma câmara fria para o armazenamento dos frutos;

Aos amigos do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo: Lúcia Lima, Ronaldo Melo, Thiago Ribeiro, Tiago Pessoa, Elder Lira, José Marcílio, Felipe, Francisco Estrela, Leonardo Tinoco, Emanuel Martins e Cristiano Sousa, pelo afeto, respeito, solidariedade e harmoniosa convivência;

Aos amigos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Nemora Cavalcante, Élica Rios e Leonardo Maia, pelo bom convívio e momentos descontraídos vividos quando juntos estudamos, sinceros respeito e carinho;

A meus pais, raízes do meu ser; meus irmãos, que em tudo me apoiam, são meu caule; meus sobrinhos, doce inocência, néctar que me alimenta; meus cunhados, irmãos por afinidades, ramos que me acolhem; e toda a minha família, meu carinho e reconhecimento pelo afeto e compreensão;

A todos que de modo direto, ou indireto, contribuíram para a concretização deste trabalho, igualmente agradeço.

Ao Deus da vida, terreno fértil de amor e sabedoria, por sua benção e proteção.

“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre.”

(Paulo Freire)

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE APÊNDICES.....</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiv</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
2.1 Cultura da manga ( <i>Mangifera indica</i> L.).....	3
2.2 Nutrição mineral da cultura da manga.....	4
2.3 Uso de algas marinhas e derivados na agricultura.....	7
2.4 Algas calcárias - <i>Lithothamnium</i> sp.....	8
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	11
3.2 Delineamento experimental.....	12
3.3 Condução do experimento.....	14
3.4 Variáveis analisadas.....	16
3.4.1 Fertilidade do solo.....	16
3.4.2 Teor de nutrientes nas folhas.....	16
3.4.3 Teor de nutrientes nos frutos.....	17
3.4.4 Produção.....	17
3.4.5 Avaliação da qualidade pós-colheita dos frutos.....	17
3.5 Análise estatística.....	19
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
4.1 Fertilidade do solo.....	20
4.2 Teores foliares de N, P, K, Ca e Mg em plantas de manga ‘Palmer’.....	21
4.3 Relações N/Ca e K/Ca em folhas de manga ‘Palmer’.....	31
4.4 Teores de N, P, K, Ca e Mg e relações N/Ca e K/Ca na casca e polpa de frutos de manga ‘Palmer’.....	34
4.5 Produção de plantas de manga ‘Palmer’.....	45
4.6 Avaliação da qualidade pós-colheita em frutos de manga ‘Palmer’.....	47
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>56</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>57</b>

<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>66</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Localização do pomar de manga ‘Palmer’, Fazenda Special Fruit, Google Earth, 2016.....	11
<b>Figura 2</b>	Delineamento experimental em blocos casualizados com arranjo em parcelas subsubdivididas.....	13
<b>Figura 3</b>	Disposição das unidades experimentais no campo.....	13
<b>Figura 4</b>	Teor médio foliar (n = 12) de N no início da floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.....	23
<b>Figura 5</b>	Teor médio foliar (n= 12) de P antes da floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.....	24
<b>Figura 6</b>	Teor médio foliar (n = 24) de P na fase de maturação dos frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.....	26
<b>Figura 7</b>	Teor médio foliar (n = 12) de K antes da floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.....	27
<b>Figura 8</b>	Teor médio foliar (n = 12) de K na fase de maturação dos frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.....	28
<b>Figura 9</b>	Teor médio foliar (n = 12) de Ca na plena floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.....	29
<b>Figura 10</b>	Relação foliar (n = 12) de N/Ca no início da floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.....	33
<b>Figura 11</b>	Teor médio (n = 24) de P na casca de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.....	37
<b>Figura 12</b>	Teor médio (n = 24) de K na casca de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.....	38
<b>Figura 13</b>	Teor médio (n = 12) de Ca na casca de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.....	39
<b>Figura 14</b>	Teor médio (n = 6) de Ca na casca de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo e tratamentos com Nitrato via foliar.....	40
<b>Figura 15</b>	Teor médio (n = 12) de Mg ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na casca de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.....	40
<b>Figura 16</b>	Relação N/Ca (n = 24) na casca de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.....	41
<b>Figura 17</b>	Relação K/Ca (n = 6) na casca de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo e submetidas a tratamentos com Nitrato via foliar.....	42
<b>Figura 18</b>	Teor médio (n = 12) de Ca ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na polpa de frutos de plantas de	

	manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.....	42
<b>Figura 19</b>	Relação N/Ca na polpa (n = 12) de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.....	44
<b>Figura 20</b>	Número médio de frutos por planta (NMF) (A) e produtividade total (B) (n = 6) de frutos de manga Palmer’ em função de doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo e tratamentos com Nitrato via foliar.....	46
<b>Figura 21</b>	Percentual de perda de massa (%PM) de frutos de manga ‘Palmer’ em função de doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo (A); e em função do tempo de armazenamento (B) (n = 24).....	49
<b>Figura 22</b>	Firmeza de frutos de manga ‘Palmer’ em função do tempo de armazenamento e doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo (A) (n = 24); e em função do tempo de armazenamento e granulometria do Lithothame aplicado via solo (B) (n = 60).....	50
<b>Figura 23</b>	Teor de sólidos solúveis (SS) de frutos de manga ‘Palmer’ em função de doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo e tratamentos com nitrato via foliar (A) (n = 6); e em função do tempo de armazenamento e doses de Lithothame aplicadas via solo (B) (n = 24).....	51
<b>Figura 24</b>	Acidez total titulável (ATT) de frutos de manga ‘Palmer’ em função de doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo e tratamentos com nitrato via foliar (A) (n = 6); e em função do tempo de armazenamento e doses de Lithothame aplicadas via solo (B) (n = 24).....	52
<b>Figura 25</b>	Relação sólidos solúveis e acidez total titulável (SS/ATT) de frutos de manga ‘Palmer’ em função de doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo e tratamentos com nitrato via foliar (A) (n = 6); e em função do tempo de armazenamento e doses de Lithothame aplicadas via solo (B) (n = 24).....	53
<b>Figura 26</b>	Valores de pH de frutos de manga ‘Palmer’ em função de doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo e tratamentos com nitrato via foliar (A) (n = 6); e em função do tempo de armazenamento e doses de Lithothame aplicadas via solo (B) (n = 24).....	54

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Análise de fertilidade do Argissolo Amarelo da área experimental.....	<b>12</b>
<b>Tabela 2</b>	Análise de micronutrientes e granulometria do Argissolo Amarelo da área experimental.....	<b>12</b>
<b>Tabela 3</b>	Caracterização química do <i>Lithothamnium</i> spp.....	<b>14</b>
<b>Tabela 4</b>	Resumo da análise de variância para a fertilidade do solo da área experimental em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran) do Lithothame.....	<b>20</b>
<b>Tabela 5</b>	Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P e K, em plantas de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, e combinadas com tratamentos de Nitrato (N folha), via foliar.....	<b>22</b>
<b>Tabela 6</b>	Teor médio foliar (n = 15) de N no início da floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função dos tratamentos com Nitrato e da granulometria do Lithothame aplicados em um Argissolo Amarelo.....	<b>23</b>
<b>Tabela 7</b>	Teor médio foliar (n = 15) de P no início da floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função dos tratamentos com Nitrato e da granulometria do Lithothame aplicados em um Argissolo Amarelo.....	<b>25</b>
<b>Tabela 8</b>	Teor médio foliar (n = 30) de K na fase de maturação de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função dos tratamentos com Nitrato e da granulometria de Lithothame aplicados em um Argissolo Amarelo.....	<b>28</b>
<b>Tabela 9</b>	Resumo da análise de variância para os teores foliares de Ca e Mg em plantas de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, e combinadas com tratamentos nitrato (N folha), via foliar.....	<b>29</b>
<b>Tabela 10</b>	Teor médio foliar (n = 30) de Ca na plena floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função dos tratamentos foliares com Nitrato em um Argissolo Amarelo.....	<b>30</b>
<b>Tabela 11</b>	Teor médio foliar (n = 30) de Ca na fase de maturação dos frutos de manga ‘Palmer’ em função dos tratamentos foliares com Nitrato em um Argissolo Amarelo.....	<b>31</b>
<b>Tabela 12</b>	Resumo da análise de variância para as relações foliares N/Ca e K/Ca em plantas de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, e combinadas com tratamentos com Nitrato (N folha), via foliar.....	<b>32</b>
<b>Tabela 13</b>	Relação foliar de N/Ca na plena floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função da granulometria (n = 60) do Lithothame e dos tratamentos com Nitrato (n = 30) em um Argissolo Amarelo.....	<b>33</b>
<b>Tabela 14</b>	Relação foliar (n = 30) de K/Ca na plena floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função dos tratamentos foliares com Nitrato em um Argissolo Amarelo.....	<b>34</b>
<b>Tabela 15</b>	Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P, K, Ca e Mg e das relações N/Ca e K/Ca na casca e polpa de frutos de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, e combinadas com tratamentos com Nitrato (N folha) via foliar.....	<b>36</b>

<b>Tabela 16</b>	Teor médio (n = 30) de cálcio na polpa de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função dos tratamentos foliares de Nitrato em um Argissolo Amarelo.....	<b>43</b>
<b>Tabela 17</b>	Resumo da análise de variância para número médio de frutos (NMF), massa média de frutos (MMF) e produtividade total (prod) em plantas de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, combinadas com tratamentos de nitrato (N folha), via foliar.....	<b>45</b>
<b>Tabela 18</b>	Número médio de frutos por planta (NMF) e produtividade total (n = 15) de manga ‘Palmer’ em função da granulometria do Lithothame aplicado via solo e tratamentos com nitrato aplicados via foliar.....	<b>47</b>
<b>Tabela 19</b>	Resumo da análise de variância para percentual de perda de massa (%PM), firmeza sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (ATT), relação SS/ATT e pH em frutos de manga ‘Palmer’ em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, combinadas com tratamentos nitrato (N folha), via foliar, avaliados no decorrer do tempo de armazenamento dos frutos (Tempo).....	<b>48</b>

## LISTA DE APÊNDICES

<b>Apêndice 1</b>	Resumo da análise de variância para a fertilidade do solo da área experimental em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran) do Lithothame.....	<b>67</b>
<b>Apêndice 2</b>	Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P e K, em plantas de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, e combinadas com tratamentos de Nitrato (N folha), via foliar.....	<b>68</b>
<b>Apêndice 3</b>	Resumo da análise de variância para os teores foliares de Ca e Mg em plantas de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, e combinadas com tratamentos nitrato (N folha), via foliar.....	<b>69</b>
<b>Apêndice 4</b>	Resumo da análise de variância para as relações foliares N/Ca e K/Ca em plantas de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, e combinadas com tratamentos com Nitrato (N folha), via foliar.....	<b>70</b>
<b>Apêndice 5</b>	Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P, K, Ca e Mg e das relações N/Ca e K/Ca na casca e polpa de frutos de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, e combinadas com tratamentos com Nitrato (N folha) via foliar.....	<b>71</b>
<b>Apêndice 6</b>	Resumo da análise de variância para número médio de frutos (NMF), massa média de frutos (MMF) e produtividade total (prod) em plantas de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, combinadas com tratamentos de nitrato (N folha), via foliar.....	<b>72</b>
<b>Apêndice 7</b>	Resumo da análise de variância para percentual de perda de massa (%PM), firmeza sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (ATT), relação SS/ATT e pH em frutos de manga ‘Palmer’ em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, combinadas com tratamentos nitrato (N folha), via foliar, avaliados no decorrer do tempo de armazenamento dos frutos (Tempo).....	<b>73</b>

## RESUMO

FREITAS, M.A.C. **Desempenho de *Lithothamnium* sp. no cultivo de manga ‘Palmer’ em Argissolo.** Areia-PB, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Outubro de 2016. (Tese) Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Orientador: Profa. Dra. Vânia da Silva Fraga.

A mangicultura na região do Vale do São Francisco é uma atividade crescente e com participação expressiva no mercado de exportação de frutas no Brasil. Com isso, tem-se buscado o aprimoramento das técnicas de produção, como a introdução de fontes alternativas de nutrientes, buscando maior produtividade e qualidade dos frutos. Assim, esta pesquisa teve por objetivo avaliar o efeito de complexos de algas calcárias, nas formas de Lithothame e nitrato de Lith, na fertilidade do solo, estado nutricional, produção e qualidade de frutos de manga ‘Palmer’. O experimento foi conduzido no período de agosto/2014 a junho/2015 em um pomar comercial de manga ‘Palmer’, pertencente à Fazenda Special Fruit, município de Petrolina-PE. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições, e os tratamentos arranjados em parcelas subsubdivididas, sendo as parcelas referentes a doses de Lithothame aplicadas via solo (0; 5; 20; 60 e 100 kg ha<sup>-1</sup>), as subparcelas referentes a duas granulometrias do Lithothame (600 e 1200 mesh), e as subsubparcelas referentes a concentrações de nitrato aplicadas via foliar (2,5% de nitrato de cálcio; 0,5, 1,5 e 3% de nitrato de Lith). A resposta da manga aos tratamentos foi avaliada através da determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e das relações N/Ca e K/Ca nos tecidos foliares e nos frutos (casca e polpa); produção (número médio de frutos - NMF planta<sup>-1</sup>, massa média dos frutos - MMF e produtividade total); e qualidade pós-colheita dos frutos (percentual de perda de massa - %PM; firmeza; sólidos solúveis - SS; acidez total titulável - ATT; relação sólidos solúveis e acidez total titulável - SS/ATT; e, pH). Os teores de nutrientes nas folhas foram determinados antes da floração, início da floração, plena floração e na fase de maturação dos frutos, enquanto, nos frutos foram determinados na colheita. Os tratamentos com algas calcárias não alteraram a fertilidade do solo. Entretanto, os teores foliares de P, K e Ca tiveram acréscimos com as aplicações de Lithothame, sendo mais acentuados na granulometria de 1200 mesh. O teor de Ca na casca e polpa dos frutos foi maior quando se aplicou o Lithothame na granulometria de 1200 mesh, obtendo teores máximos de 1,84 e 0,56 g kg<sup>-1</sup> de Ca nas doses de 41,83 e 34,14 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame, respectivamente. Esses resultados indicam efeito favorável das algas calcárias na mangicultura, observando que os tratamentos com doses elevadas de Lithothame apresentaram efeito negativo no teor de nutrientes. A aplicação de nitrato de Lith influenciou a produção de manga ‘Palmer’, sendo a maior produtividade alcançada no tratamento com 0,5% de nitrato de Lith. Quanto, a qualidade pós-colheita não houve diferença entre o tratamento com 0,5% de nitrato de Lith e 2,5% de nitrato de cálcio para os teores de SS, logo o 0,5% de nitrato de Lith mantém os frutos com o mesmo sabor.

**Palavras-chave:** *Mangifera indica* L., nutrição mineral, algas na agricultura, qualidade pós-colheita, Commax Algas<sup>®</sup>.

## ABSTRACT

FREITAS, M.A.C. **Performance of *Lithothamnium* sp. in 'Palmer' mango cultivation in argisol soil.** Areia-PB, Center of Agricultural Sciences from the Universidade Federal da Paraíba, October 2016. (Thesis) Graduate program in Soil Science, Advisor: Dr. Vânia da Silva Fraga.

Mang crop in the San Francisco Valley region is a growing activity and with significant participation in the Brazilian fruit market. Thus, it has sought the improvement of production techniques, as the introduction of alternative sources of nutrients to increase their productivity, and ensure the quality of the fruits. Therefore, the objective of the work was to evaluate the effect of complex calcareous algae, in formulating Lithothame, in the soil fertility, nutritional status, yield, and fruit quality of mango 'Palmer'. The experiment was conducted from August/2014 to June/2015 in a commercial orchard of mango 'Palmer' belonging to the Special Fruit Farm in Petrolina county, Pernambuco State, Brazil. The experiment design was the one of completely randomized blocks with three replications, and arrangement of split split-plots, being the plots concerning to doses applied to the soil (0; 5; 20; 60, and 100 kg ha<sup>-1</sup>), the subplots concerning two particle sizes of Lithothame (600, and 1200 mesh), and the subsubplots referring to calcium nitrate concentrations applied to the leaves (2.5% calcium nitrate, 0.5, 1.5, and 3% of NO<sup>3-</sup> - Lith). The response of mango tree to treatment was evaluated by the analysis of foliar and fruit content of N, P, K, Ca, Mg, and of the N/Ca, and K/Ca in leaf tissues and fruits (skin, and pulp); yield (NMF plant<sup>-1</sup>, MMF and total productivity), and post-harvest fruit quality (%PM, firmness, SS, ATT, SS/ATT and pH). Nutrient contents in the leaves were determined before flowering, early blooming, full blooming, and in the fruit ripening stage. Calcareous algae treatments did not alter soil fertility. However, the leaf content of P, K, and Ca increased with the applications of Lithothame, being more accentuated in the grain size of 1200 mesh. The highest Ca contents in the skin (1.84 g kg<sup>-1</sup>), and pulp (0.56 g kg<sup>-1</sup>) were obtained in a particle size of 1200 mesh when applied 41.83, and 34.14 kg ha<sup>-1</sup> Lithothame, respectively. These results show a favorable effect of calcareous algae in mango crop, observing that the high dosage treatments of Lithothame did not present any nutrient content. The application of Lith nitrate influenced the 'Palmer' mango production, being the highest productivity achieved in the treatment with 0.5% of Lith nitrate. Regarding the post-harvest fruit quality, there was no difference between treatment with 0.5% Lith nitrate, and 2.5% calcium nitrate for the SS content. Thus, the 0.5% Lith nitrate kept the mango fruits with the same flavor.

**Keywords:** *Mangifera indica* L., mineral nutrition, algae in agriculture, post-harvest fruit quality, Commax Algas<sup>®</sup>.

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de manga proveniente da região Nordeste do Brasil apresenta participação expressiva no mercado mundial de produção de frutas, com destaque para o Vale do São Francisco, onde a área comercial é estimada em 30 mil hectares. O cenário favorável para a comercialização tem mantido o patamar de exportações da manga no Vale do São Francisco na ordem de 85% do volume exportado por ano pelo Brasil. Tal condição tem contribuído para o crescimento da área cultivada com manga no polo Juazeiro-BA/Petrolina-PE (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015).

Os resultados promissores da produção de manga nesta região estão relacionados a uma série de fatores, como condições climáticas, disponibilidade de água, solos manejáveis e o desenvolvimento de tecnologias de manejo, como a da indução floral, que permite a produção durante quase todo o ano (SILVA *et al.* 2002). Além disso, monitorar o estado nutricional da cultura é fundamental para a obtenção de uma boa produtividade, assegurando a qualidade do fruto até o consumidor final, sem alterações em seu valor nutritivo, aspecto e sabor.

Conhecida a importância econômica da manga no mercado de frutas e os avanços tecnológicos na cadeia produtiva desta frutífera, é imprescindível atentar-se ao manejo do pomar quanto ao fornecimento adequado de nutrientes, além de considerar o estudo acerca do desenvolvimento e inserção de fontes alternativas de nutrientes à adubação convencional, que propõem melhoria na produção e qualidade dos frutos.

O manejo inadequado de alguns nutrientes pode levar a perdas significativas na produção das plantas. A deficiência do nitrogênio, por exemplo, pode provocar redução no crescimento, na floração dos frutos e na produção; por outro lado, quando aplicado em excesso, pode provocar um desequilíbrio na planta em relação aos teores de cálcio, aumentando a susceptibilidade a desordens fisiológicas e de doenças na pós-colheita (SILVA *et al.*, 2002).

Nesse sentido, a adição de cálcio, devido a sua função estrutural e consequente relação com a integridade das membranas e de paredes celulares da planta, deve ser uma prática prioritária em pomares de manga. Recentemente tem-se buscado o desenvolvimento de fontes alternativas de fertilizantes ricas em cálcio para culturas com maior exigência nesse nutriente, pois o seu fornecimento adequado e equilibrado durante a época de cultivo e pós-colheita poderá melhorar a qualidade nutricional e aumentar a vida útil dos frutos.

Entre as fontes alternativas de nutrientes à adubação convencional, tem-se proposto o uso de complexo e derivados de algas calcárias, mais comumente o *Lithothamnium* spp. Essas algas favorecem a fertilidade do solo, a nutrição mineral, o crescimento e a produção de plantas, especialmente em condições de solos ácidos devido ao efeito corretivo da acidez (LOPEZ-BENITO, 1963; DIAS, 2000; MELO e FURTINI NETO, 2003).

As algas calcárias são compostas basicamente por carbonato de cálcio e magnésio, contendo micronutrientes (Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo), que se encontram adsorvidos às paredes celulares das algas (DIAS, 2000). Assim, podem ser uma alternativa para o suprimento do cálcio em culturas exigentes neste nutriente, como a manga, e de micronutrientes, especialmente Mn, B e Zn, que apresentam maior ocorrência de sintomas de deficiência na mangueira (SILVA *et al.*, 2002).

Embora sejam conhecidos trabalhos que mostram resultados positivos do uso de algas calcárias na agricultura, como os mostrados por Araújo *et al.* (2007) em citrumeleiro ‘swingle’; Moreira *et al.* (2012) em cladódios de pitáia vermelha; Moreira *et al.* (2014) em frutos de tangerineira ‘ponkan’; e Carvalho *et al.* (2015) em oliveiras, ainda são escassas as pesquisas em termos de fornecimento de nutrientes para as plantas e seus reflexos na produção e qualidade produzida.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de complexos de algas calcárias, nas formas de Lithothame com diferentes granulometrias, aplicado via solo, e de nitrato de Lith, aplicado via foliar, na fertilidade do solo, estado nutricional, produção e qualidade de frutos de mangueira (*Mangifera indica* L.) ‘Palmer’.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Cultura da manga (*Mangifera indica* L.)

A manga (*Mangifera indica* L.), originária do continente asiático, encontra-se dispersa nas mais diversas regiões tropicais e subtropicais do mundo. É uma das frutas tropicais mais consumidas no mundo, e uma das mais importantes frutíferas cultivadas no Brasil. Tal condição é atribuída às suas propriedades sensoriais (sabor, aroma e coloração) e composição nutricional, rica em vitaminas A e C, pequenas quantidades de vitamina do complexo B, minerais, fibras e compostos fitoquímicos. Além disso, o melhoramento genético tem desenvolvido variedades não fibrosas, mais macias e com melhor sabor (FAO, 2002).

Entre os principais países produtores de manga no mundo, tem-se a Índia, que assume uma posição de destaque com mais de 42% da produção global, seguida pela China, pelo México, pela Tailândia, pelas Filipinas e pelo Paquistão. O Brasil é o sétimo maior produtor, representando 2,15% da produção mundial e, na condição de exportador encontra-se em quarto lugar, com aproximadamente 133 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2013).

No Brasil, a manga encontrou excelentes condições para o seu desenvolvimento e sua produção. É cultivada em quase todos os estados e apresenta área comercial estimada em 70 mil hectares, mas é na região Nordeste, que se encontram em operação os mais tecnificados sistemas de cultivos de mangueira do país, os quais estão localizados nos principais polos de irrigação da zona semiárida, que compreendem a região do Vale do São Francisco, responsável por 85% do volume de exportação de manga por ano no Brasil (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015).

Com alta capacidade adaptativa, a mangueira encontrou no semiárido do Nordeste brasileiro condições para se desenvolver e alcançar boas produtividades. As condições climáticas dessa região, além de benéficas em termos de condições fitossanitárias, em razão da alta luminosidade, das reduzidas precipitações e da baixa umidade relativa, permitem aos produtores o planejamento para obterem colheitas em qualquer período do ano, fato que possibilita colocar a produção no mercado em épocas de melhores preços (SOUZA *et al.*, 2002).

Considerada uma espécie rústica, a mangueira possui sistema radicular bem desenvolvido capaz de extrair nutrientes e se estabelecer relativamente bem em uma grande variedade de solos. Entretanto, quando se objetiva a exploração comercial, são

preferíveis, para o melhor desenvolvimento da cultura, solos areno-argilosos, profundos, bem drenados, planos, ricos em matéria orgânica e sem problemas de salinidade. Suas necessidades nutricionais são determinadas pelas quantidades extraídas dos nutrientes nas diversas fases do seu desenvolvimento (MAGALHÃES e BORGES, 2000).

## 2.2 Nutrição mineral da cultura da manga

O suprimento adequado de nutrientes é um fator determinante na produção de plantas cultivadas, como a mangueira. Pois, além de afetar a produtividade, tem efeito sobre a qualidade dos frutos, especialmente características relacionadas à coloração, ao teor de sólidos solúveis, à acidez, entre outras, e, ainda, suprime eventuais desordens fisiológicas, favorecendo o aumento da vida de prateleira e resultando em ganhos durante o processo de distribuição e comercialização do produto (PRADO, 2004).

O nitrogênio, sendo um dos elementos requeridos em maior quantidade pelas plantas, exerce um papel importante na produção e na qualidade dos frutos de mangueira. A ação do N se manifesta principalmente na fase vegetativa da planta, dessa forma, avaliando a relação existente entre surtos vegetativos/emissão de gemas florais/frutificação, a sua deficiência poderá provocar redução no crescimento, na floração e na produção de frutos (SILVA *et al.*, 2002).

Por outro lado, em excesso, o N estimula em maior proporção o crescimento vegetativo da planta, dificultando a diferenciação floral. Com isso, vai resultar em perdas na produção e na qualidade dos frutos, em virtude da maior susceptibilidade da planta a desordens fisiológicas, tais como colapso interno e doenças de pós-colheita Silva *et al.* (2002). Assim, considerando que o uso inadequado de alguns nutrientes pode levar a perdas significativas na produção das plantas, o fornecimento de nutrientes deve ser bem criterioso, dando importância à quantidade, fonte, época e forma de aplicação dos nutrientes.

O potássio é um elemento essencial para o crescimento, o desenvolvimento e a maturação dos grãos e frutos dos vegetais (MEURER, 2008). Juntamente com o N, é um dos nutrientes exportados em maior quantidade pela mangueira, de forma que o teor de amido nas folhas e os processos de fotossíntese, respiração e circulação da seiva estão na dependência dos seus teores (SILVA *et al.*, 2002).

Considerado um ‘nutriente de qualidade’, o K exerce efeito sobre a coloração, o tamanho e formato dos frutos, a uniformidade da casca, o sabor, a consistência, os teores de sólidos solúveis e vitamina C, além de influenciar a resistência dos produtos hortícolas

ao armazenamento (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Contudo, em excesso, o K pode causar desequilíbrio nos níveis de Ca e Mg, devido à competição por sítios de absorção na membrana plasmática, devendo-se, portanto, verificar a relação K/Ca/Mg quando for definir as adubações (SILVA *et al.*, 2002).

O fósforo, pouco absorvido pela mangueira em relação ao N e K, tem função estrutural na planta, fazendo parte de compostos essenciais como fosfolipídios e ácidos nucleicos. Em quantidades adequadas, esse nutriente estimula o desenvolvimento radicular, aumentando a absorção de água e de nutrientes, além de ser essencial para a boa formação de frutos e sementes. Plantas de mangueira deficientes em P podem apresentar crescimento retardado, seca das margens da região apical das folhas, acompanhadas ou não de zonas necróticas, queda prematura de folhas, secamento e morte de ramos, reduzindo sensivelmente a produção (SILVA *et al.*, 2002).

O fósforo participa de vários processos metabólicos em plantas, como a transferência de energia, síntese de ácidos nucléicos, glicose, respiração, síntese e estabilidade de membrana, ativação e desativação de enzimas, reações redox e metabolismo de carboidratos. Entretanto, a interação do P com os constituintes do solo, como o Al, Fe e Ca, sua ocorrência em formas orgânicas e lenta taxa de difusão na solução do solo tornam o P o nutriente menos prontamente disponível na rizosfera (ARAÚJO e MACHADO, 2008).

Assim como o P, o magnésio não é exigido em grandes quantidades pelas plantas de mangueira, mas, apresenta função específica dentro da célula como componente central da molécula da clorofila, participa da ativação de enzimas e contribui com o transporte de P na planta (SILVA *et al.*, 2002). A contribuição do Mg para a ‘entrada’ de P na planta pode ser explicado possivelmente pela sua participação na ativação de ATPases da membrana implicadas na absorção iônica, apresentando um aspecto prático, que é o de aumentar a eficiência de absorção de P pelas raízes (MALAVOLTA *et al.*, 1997; VITTI *et al.*, 2008).

Dentre os nutrientes necessários à produção da mangueira, o cálcio é considerado um elemento mineral importante que regula a qualidade do fruto. Especificamente, promove a manutenção da firmeza, reduz a deterioração pós-colheita e a incidência de desordens fisiológicas, tais como o colapso interno em frutos de manga (SILVA *et al.*, 2002).

O transporte de cálcio das raízes para a parte aérea é feito unidirecionalmente pelo xilema. Isso ocorre porque o transporte no floema se dá pelo citoplasma das células, que tem baixa concentração de cálcio. Esse fato é atribuído à baixa permeabilidade geral das

membranas para tal elemento e a ação de transportadores de membrana que removem o cálcio do citosol, colocando-o no apoplasto ou, acumulando-o no retículo endoplasmático, cloroplasto e vacúolos. Além disso, o cálcio nas plantas também está na forma de sais cálcicos de baixa solubilidade, tais como carbonato, sulfato, fosfato, silicato, citrato, malato e oxalato (VITTI *et al.*, 2008; PRADO, 2008).

A insolubilidade dos compostos de cálcio nas plantas, bem como a baixa concentração no floema implica mobilidade restrita nos tecidos vegetais, provocando o aparecimento de deficiências em folhas novas e frutos. Nos frutos, o aparecimento de sintomas de deficiência, também, acontece devido à competição deste pelo cálcio contido no xilema, uma vez que as folhas transpiram mais (VITTI *et al.*, 2008; PRADO, 2008).

Silva *et al.* (2002) colocam que os períodos críticos para a absorção de Ca são durante o fluxo de crescimento, que ocorre após a colheita e no desenvolvimento inicial dos frutos, sendo absorvido com maior eficiência pelo sistema radicular. O fornecimento em excesso de cálcio pode reduzir a absorção de magnésio e potássio, reduzindo a qualidade dos frutos.

O cálcio desempenha papel crucial na preservação e integridade da membrana das paredes celulares. A deficiência desse nutriente nos frutos é frequentemente relacionada com o aumento da permeabilidade e desintegração celular (AGHDAM *et al.*, 2012). Diante disso, o efeito do equilíbrio nutricional, destacando o cálcio na qualidade dos frutos, tem sido bastante discutido como causa de distúrbios fisiológicos.

A baixa concentração de Ca torna a parede celular mais flexível e fácil de ser rompida, uma vez que esse elemento liga-se às pectinas ácidas durante a formação da parede celular e determina a rigidez de suas estruturas. Na membrana celular, o Ca fornece integridade estrutural por ligar-se aos fosfolipídios, estabilizando a bicamada lipídica (HEPLER, 2005). Essas funções mantêm a consistência da polpa dos frutos durante o amadurecimento, retardando a ação de enzimas (SILVA *et al.*, 2002).

Assis *et al.* (2004) explicam a importância das relações do cálcio com o nitrogênio e com o potássio, e também, do potássio com o magnésio na ocorrência de distúrbios fisiológicos, evidenciada pelo papel fisiológico que esses elementos desempenham e pela velocidade de absorção e translocação no interior dos vegetais. O N e o K são absorvidos e distribuídos nos tecidos e órgãos vegetais com rapidez e facilidade tanto pelo floema quanto pelo xilema. Enquanto a absorção do Ca e do Mg pelas plantas é menos eficiente, e pode ser inibida se houver alta concentração de K. Além disso, os vasos do floema, maior provedor de nutrientes para os frutos, apresentam sempre baixas concentrações de Ca e elevadas concentrações de K.

Evangelista *et al.* (2002) observaram desestruturação da parede celular e dissolução da lamela média em frutos de manga que não receberam pulverizações com  $\text{CaCl}_2$  na pré-colheita. Nos frutos tratados com Ca, a estrutura permaneceu escura, indicando a presença de material intercelular, de forma que a aplicação de 5,0% de  $\text{CaCl}_2$  proporcionou aos frutos lamela média bem definida e ausência de espaços vazios, mesmo após o armazenamento, mostrando que o elemento contribui para a preservação dessa estrutura.

Foram registradas também reduções na perda de massa de manga ‘Tommy Atkins’ a partir do 28º dia de armazenamento, quando aplicado 6,5% de  $\text{CaCl}_2$  na pré-colheita. As doses mais elevadas de  $\text{CaCl}_2$  (5,0 e 6,5%) proporcionaram maior firmeza dos frutos e teor de sólidos solúveis; entretanto, não houve aumento da incidência e severidade de colapso interno (HOJO *et al.*, 2009). Já Silva *et al.* (2008) obtiveram, com a aplicação de cálcio na forma quelatizada e solúvel, incremento no teor de Ca na casca dos frutos para as duas formas de aplicação, enquanto, na polpa dos frutos, a aplicação de Ca-quelatizado mostrou-se mais eficiente, podendo contribuir para prevenir a ocorrência de colapso interno em curto período de armazenamento.

Informações relativas ao estado nutricional das mangueiras demonstrando a necessidade de estudos sobre a composição nutricional de folhas e frutos e relações com a fertilidade do solo são de extrema importância para a obtenção de frutos com boa qualidade e em quantidade para abastecer o mercado consumidor. Dessa forma, surge a necessidade do desenvolvimento de tecnologias alternativas de suprimento de nutrientes as plantas.

### **2.3 Uso de algas marinhas e derivados na agricultura**

A utilização de algas marinhas e derivados em sistemas de produção agrícola é uma prática comum em muitos países. Fato que pode ser atribuído ao seu potencial de uso na agricultura orgânica e sustentável, como meio de evitar as excessivas aplicações de fertilizantes sintéticos e por melhorar a absorção de nutrientes. Ao contrário dos fertilizantes químicos, extratos derivados de algas são biodegradáveis, proporcionando menores impactos negativos para os seres humanos, animais e ambiente (LOPEZ-BENITO, 1999; DHARGALKAR e PEREIRA, 2005; RATHORE *et al.*, 2009).

Os mecanismos de ação de produtos à base de algas são complexos. Entretanto, tem-se proposto que o resultado benéfico no rendimento e na qualidade de culturas agrícolas deve-se, em parte, à presença de carboidratos, vitaminas, aminoácidos,

substâncias naturais cujos efeitos são semelhantes aos de reguladores de crescimento e, a presença de macro e micronutrientes necessários ao crescimento e desenvolvimento das plantas (LÓPEZ, 1999; RATHORE *et al.* 1999). Ressalta-se que a disponibilidade de nutrientes para as plantas está relacionada à mineralização dos compostos orgânicos, a qual é regulada por fatores ambientais e características do próprio composto.

As algas também afetam as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Os sais de ácido algínico, por exemplo, presentes em algas marrons combinados com íons metálicos, formam complexos de alto peso molecular que retêm umidade no solo e melhoram a sua estrutura, resultando em maior aeração e porosidade, que, por sua vez, estimulam o crescimento do sistema radicular das plantas, bem como impulsionam o crescimento dos micro-organismos e a secreção de substâncias condicionadoras de solos. O alginato ocorre nas paredes celulares das algas como um sal associado a cátions (Na, Ca, Mg e K) e a contraíons de metais leves. A capacidade gelificante e quelante juntamente com as propriedades hidrofílicas desse polissacarídeo o tornam importante na indústria agrícola (CARDOZO *et al.* 2007; KHAN *et al.*, 2009).

As algas, particularmente as vermelhas e marrons, são fontes de polissacarídeos incomuns e complexos não presentes em plantas terrestres. Esses polissacarídeos, quando degradados pelos micro-organismos do solo, contribuem na agregação e no conteúdo nutricional do solo (KHAN *et al.*, 2009).

Haslam e Hopkins (1996) avaliaram a utilização de algas como condicionante de solo, com baixo índice de matéria orgânica, e comprovaram, noventa dias após a incorporação do material, um aumento significativo dos poros e a ocorrência de um aumento da biomassa, da taxa de liberação de CO<sub>2</sub>, e da mineralização de nitrogênio. López-Benito (1999) descreve que a utilização de alga em forma de pó solúvel e extrato em doses certas melhora o solo e o vigor das plantas, incrementando os rendimentos das colheitas.

#### **2.4 Algas calcárias - *Lithothamnium* spp.**

A alga marinha calcária, *Lithothamnium* sp, é uma alga vermelha não articulada do filo das Rhodofitas, pertencente à ordem Corallinales e à família Corallinaceae. Essas algas são constituídas por carbonato de cálcio e magnésio, sob a forma de cristais de calcita em suas paredes celulares e mais de 20 elementos, presentes em quantidades variáveis, tais como Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se e Sr (LOPEZ-BENITO, 1963; DIAS, 2000). Tais

características têm condicionado diversas aplicações dessas algas em diversos segmentos da indústria, como o destinado a nutrição de plantas.

A exploração dessas algas no Brasil, na forma de sedimentos calcários, é pouco expressiva; porém, algumas indústrias já as exploram para fim agrícola com elevado valor agregado. Com uso incipiente, a resposta das plantas à aplicação das algas calcárias, como o aumento da produtividade em diferentes culturas não é bem esclarecida (CAZZOTTI, 2015).

O tecido celular calcificado é a característica mais marcante dessas algas, pois absorvem os abundantes minerais do ambiente marinho, transformando os componentes químicos em compostos orgânicos. A porosidade do corpo da alga promove ao *Lithothamnium* uma maior superfície de contato com o solo e com o sistema radicular, aumentando a solubilização e absorção dos nutrientes pelas plantas (LOPÉZ-BENITO, 1963).

Tem sido proposto que as algas calcárias promovem a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, deixando-o mais permeável e condicionando a eficácia do complexo argilo-húmico. Adicionalmente, corrige o pH do solo, melhorando a assimilação de nutrientes e a atividade biológica do solo. O seu uso também melhora a disponibilidade do fósforo e ativa o desenvolvimento das bactérias autotróficas responsáveis pelo processo de nitrificação (DIAS, 2000).

A adição de *Lithothamnium* pode favorecer a fertilidade do solo com o enriquecimento de complexo de troca e aumento da força iônica da solução do solo com a adição dos íons de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . A depender da quantidade aplicada, pode ter efeito na elevação do pH do solo e na redução dos teores de  $\text{Al}^{3+}$ , além de poder ser uma alternativa para suprir a deficiência de micronutrientes proveniente do cultivo agrícola a longo prazo.

Por se tratar de uma alga com estrutura porosa, a sua aplicação pode implicar possíveis melhorias na estrutura do solo, refletindo em uma melhor aeração e retenção de água e, com isso, facilita o transporte e aumenta a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Melo e Furtini Neto (2003) mostraram que a aplicação de *Lithothamnium* em três tipos de solos (Neossolo Quartzarênico, Latossolo Vermelho Amarelo e Argissolo Vermelho), promoveu a elevação nos teores de cálcio e magnésio, aumentou os valores de pH e a saturação por bases, com conseqüente redução na saturação por alumínio, podendo ser utilizado como corretivo e fertilizante. De acordo com esses autores, o aumento nos teores de cálcio e magnésio no solo promoveu o desenvolvimento das raízes e, conseqüentemente, a utilização de água e de nutrientes pelas plantas. Os autores

apontam que a dose para se atingir 90% da produção máxima de grãos de feijoeiro no Neossolo Quartzarênico foi de 610 kg ha<sup>-1</sup> e no Latossolo Vermelho Amarelo foi de 1090 kg ha<sup>-1</sup>. De maneira geral, inferem que as menores doses de *Lithothamnium* apresentaram melhores resultados nas características avaliadas, sendo os melhores resultados registrados no Latossolo Vermelho Amarelo.

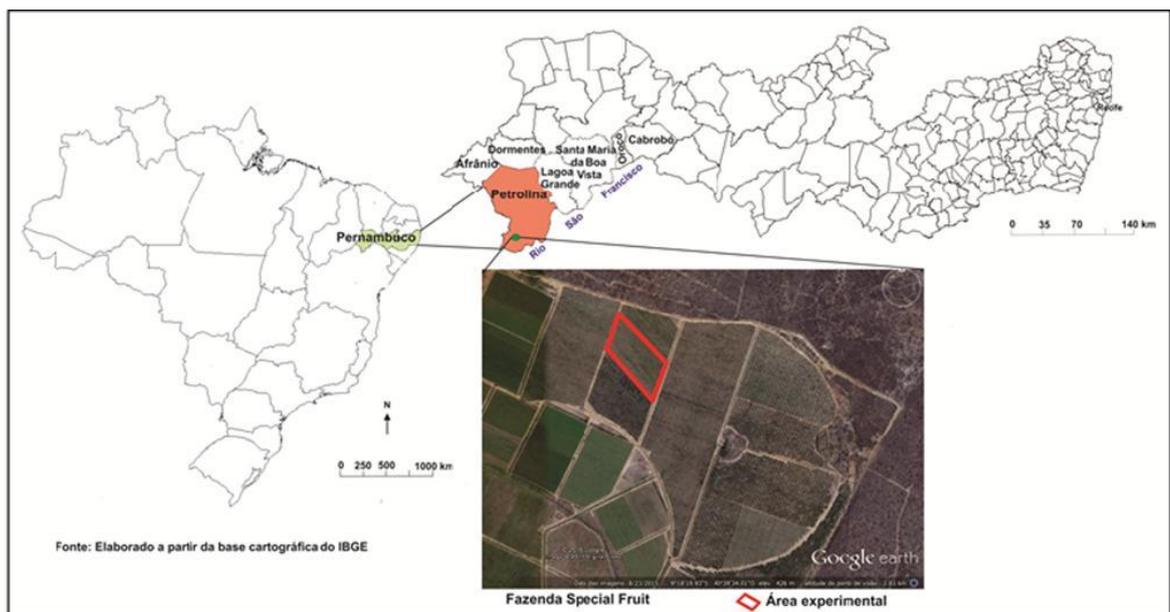
Araujo *et al.* (2007) citam o *Lithothamnium* como uma alternativa de incremento nutricional para o crescimento de mudas de citrumelo ‘Swingle’ em condições de pH baixo e com pouca disponibilidade de Ca e Mg. Resultados positivos com o uso de *Lithothamnium* também foram mostrados por Hafle *et al.* (2009) na formação de mudas de mamoeiro; por Moreira *et al.* (2011a) na avaliação do crescimento de plantas de pitaia. Moreira *et al.* (2012) observaram em plantas de tangerina Ponkan, submetidas a raleio químico e tratadas com 1,2 kg de granulado bioclástico, aumento de 26,4% na produção, com frutos de melhor qualidade, atribuindo esse resultado à maior disponibilidade de nutrientes para as plantas. Os granulados bioclásticos marinhos, no Brasil, são formados, principalmente, por algas calcárias (DIAS, 2000).

Contudo, os trabalhos científicos que avaliam o efeito da aplicação de algas calcárias no estado nutricional de plantas frutíferas, como a mangueira, ainda são escassos, sendo, assim, válida a avaliação do uso de algas calcárias em plantas de mangueiras para fins de suprimento e/ou complementação de cálcio e demais nutrientes à cultura.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi instalado em um pomar comercial de manga (*Mangifera indica* L.), cultivar Palmer, pertencente à Fazenda Special Fruit Importação e Exportação LTDA, localizada na zona rural do município de Petrolina-PE (9°18'32,34" S, 40°39,56'49" O, 427 m de altitude) (Figura 1), o qual integra a região do Submédio do Vale do São Francisco. O clima da região, conforme a classificação de Köppen, é do tipo BSw'h semiárido quente, com precipitação pluviométrica anual inferior a 800 mm, distribuídos irregularmente entre os meses de novembro a abril. A evapotranspiração potencial é da ordem de 2700 a 3000 mm anuais, e a temperatura média anual é de 27 °C (CODEVASF, 2006).



**Figura 1** – Localização do pomar de manga ‘Palmer’, Fazenda Special Fruit, Google Earth, 2016.

O experimento foi realizado no ciclo de produção da manga ‘Palmer’ compreendido entre os meses de agosto de 2014 a junho de 2015. A variedade Palmer apresenta maturação tardia, porte médio e vigor moderado; os frutos são grandes (15 cm de comprimento e atinge até 900g) com forma alongada, cor laranja-amarelada com laivos vermelho-brilhantes, e apresenta poucas fibras (PINTO *et al.*, 2002).

As plantas da área experimental têm 8 anos de idade e são cultivadas no espaçamento de 6 m x 4 m. O sistema de irrigação da área, microaspersão, foi substituído por gotejamento, com duas linhas de gotejo com gotejadores de 2 L/h espaçados de 0,5 m.

A estimativa da lâmina de irrigação era definida de acordo com o cálculo da evapotranspiração da cultura. A área experimental estava inserida em uma parcela de 3,6 hectares, os quais incluíam parcelas experimentais úteis e bordaduras.

O solo da área experimental, classificado como Argissolo Amarelo, foi amostrado, antes da instalação do experimento, coletando-se amostras das camadas de 0-20 cm e 20-40 cm na projeção da copa das plantas, para fins de determinar a fertilidade e a textura do solo. Os resultados são mostrados nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1** - Análise de fertilidade do Argissolo Amarelo da área experimental

Amostra (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	MO (g kg <sup>-1</sup> )	P (mg kg <sup>-1</sup> )	H + Al K Ca Mg SB CTC V%						
				cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>						
0 - 20	6,76	21,3	69,31	1,13	0,47	4,80	0,83	6,1	7,23	82,9
20 - 40	6,46	11,3	20,57	1,36	0,45	3,44	1,00	4,89	6,25	78,2

Análises realizadas segundo a metodologia da EMBRAPA (1997).

**Tabela 2** - Análise de micronutrientes e granulometria do Argissolo Amarelo da área experimental

Amostra (cm)	Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )			
	Cu	Fe	Mn	Zn
0 - 20 cm	3,47	37,24	83,77	58,12
20 - 40 cm	3,24	45,86	36,2	18,09

Amostra (cm)	Granulometria (g kg <sup>-1</sup> )			Classificação Textural
	Areia total	Silte	Argila	
0 - 20 cm	740	129,96	130	Franco-arenosa
20 - 40 cm	603	117,56	279,46	Franco-argilo-arenoso

Análises realizadas segundo a metodologia da EMBRAPA (1997).

Mesmo considerando os valores de pH e saturação por bases no solo altos, as aplicações das formas derivadas de algas calcárias (Lithothame e nitrato Lith) foram testadas a fim de estudar as respostas da cultura à disponibilidade dos nutrientes contidos nessas formulações em comparação ao gesso e ao nitrato de cálcio, comumente utilizados.

### 3.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido seguindo um delineamento experimental em blocos casualizados, com os tratamentos arranjados em parcelas subdivididas, sendo as parcelas correspondentes às doses de Lithothame - Commax Algas<sup>®</sup> - aplicadas via solo (0; 5; 20; 60 e 100 kg ha<sup>-1</sup>) na adubação de produção e, após a floração da manga, as subparcelas referentes a duas granulometrias do Lithothame (600 e 1200 mesh), e as

subsubparcelas referentes a concentrações de nitrato de cálcio e nitrato de Lith (2,5% de nitrato de cálcio; 0,5, 1,5 e 3% de nitrato de Lith) no período de floração da cultura. Os tratamentos foram aplicados em três repetições e cada unidade experimental foi constituída por duas plantas úteis. Para eliminar o efeito de bordadura, foi deixada na fila, uma planta entre cada unidade experimental, e, para cada fileira útil, uma fileira paralela aos dois lados da mesma.

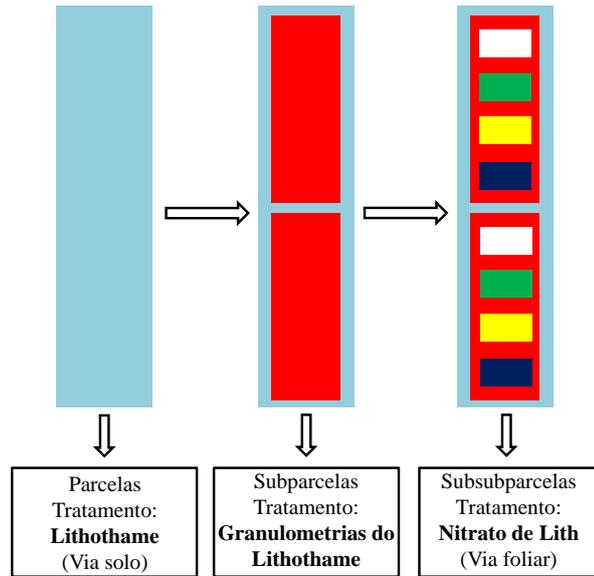


Figura 2 - Delineamento experimental em blocos casualizados com arranjo em parcelas subdivididas.

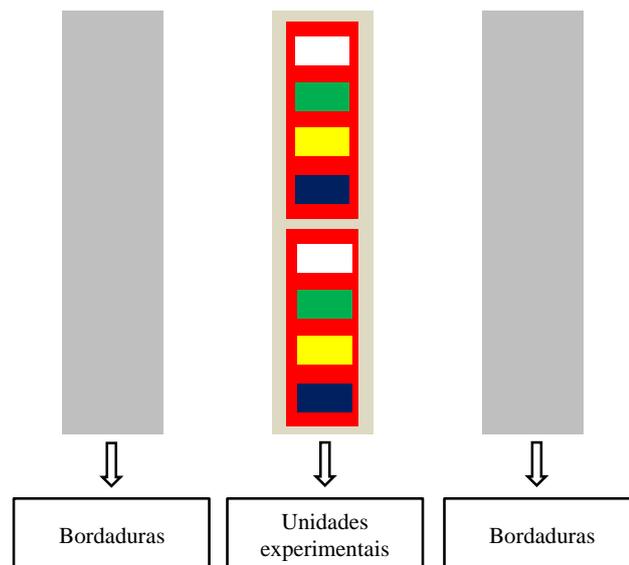


Figura 3 - Disposição das unidades experimentais no campo.

### 3.3 Condução do experimento

Os tratamentos propostos com Lithothame aplicado via solo foram definidos tendo por base a quantidade de *Lithothamnium* spp. presente nas formulações e resultados prévios de testes (dados não divulgados), estimando, assim, doses de 0, 5, 20, 60 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame. A dose zero foi correspondente ao manejo convencional da fazenda, que consiste na aplicação de gesso agrícola (6 kg planta<sup>-1</sup>). Os tratamentos com nitrato foram determinados com base na quantidade de nitrato de cálcio utilizado comumente no manejo convencional da fase de floração da manga que é de 2,5% de nitrato de cálcio por hectare. Assim, definiram-se os tratamentos com 0,5%, 1,5% e 3,0% de nitrato de Lith (nitrato a base de *Lithothamnium* spp.).

As formulações constituídas por algas, com predomínio do *Lithothamnium* spp., foram fornecidas pela empresa Valeagro Comércio Importação e Exportação LTDA, e ainda estão em fase de testes. A caracterização química da matéria prima utilizada nas formulações é apresentada na Tabela 3.

**Tabela 3** - Caracterização química do *Lithothamnium* spp

Elemento analisado	Resultado (g kg <sup>-1</sup> )
Boro	< 0,0005
Cálcio	286,9
Carbono	94,000
Cobre	0,0076
Ferro	11,39
Magnésio	17,96
Manganês	0,461
Níquel	< 0,0005
Fósforo	0,669
Potássio	0,392
Silício	0,835
Enxofre	3,25

A aplicação do Lithothame via solo foi feita em dois momentos do ciclo da cultura, sendo uma realizada na adubação de produção (50 dias depois da poda realizada após a colheita) e a outra no período em que os frutos se encontravam no estágio inicial de desenvolvimento (150 dias após a adubação de produção). O fornecimento do cálcio nessas duas fases deve-se ao fato da maior demanda por esse nutriente ocorrer após a colheita e durante o desenvolvimento inicial dos frutos, desse modo o nutriente deve ter alta disponibilidade no solo para ser absorvido pelo sistema radicular. O Lithothame substituiu

a aplicação do gesso, que é de 6 kg planta<sup>-1</sup>, sendo 4 kg planta<sup>-1</sup> na adubação de produção e de 2 kg planta<sup>-1</sup> após a floração.

A primeira aplicação via solo do Lithothame foi feita por fertirrigação utilizando um sistema pulmão. Esse foi conectado as mangueiras do sistema de microaspersão da área e adaptado a um pulverizador arbus com pistola e tanque com capacidade para 1500 L. Já, na segunda aplicação, realizada após a mudança do sistema de irrigação para gotejamento com fileira dupla, o Lithothame foi aplicado de forma manual, diluindo o produto em caixas de polietileno de modo que cada planta recebesse uma solução contendo 2 L de Lithothame. A aplicação foi feita acompanhando a linha do gotejo na projeção da copa da planta.

O nitrato de Lith, aplicado via foliar, trata-se de um nitrato confeccionado com *Lithothamnium* spp. e ácido nítrico. A sua aplicação foi feita em substituição ao nitrato de cálcio e/ou potássio utilizados comumente na fase de floração da mangueira. A aplicação desses nitratos é feita aproximadamente 90 dias após a aplicação de paclobutrazol, e o número de aplicações depende da uniformização da floração da cultura. O paclobutrazol é utilizado para otimizar a floração da mangueira, promovendo a paralisação do crescimento vegetativo e reduzindo o alongamento da brotação.

Devido à incidência de chuvas no período que antecedeu a floração, foram realizadas duas aplicações de nitrato de potássio antes da aplicação do nitrato de Lith. Após a aplicação do nitrato de potássio, foram necessárias três aplicações de nitrato de Lith para uniformização da floração. As pulverizações foram realizadas em intervalos de 7 dias.

A aplicação do nitrato foi feita com um pulverizador arbus, operando com pressão de 6 kgf, rotação de 2300 rpm e na marcha primeira simples. O preparo da calda para a aplicação foliar foi realizado com base no volume comumente utilizado na Fazenda para a pulverização de um hectare, que é de 800 L.

A condução do experimento, quanto aos demais tratos culturais, obedeceu ao mesmo padrão de produção da empresa. As técnicas de produção, relacionadas ao manejo produtivo da mangueira, são realizadas por meio de uma programação, que inclui todas as atividades previstas para o ciclo de produção, as quais são adequadas e executadas de acordo com as necessidades apresentadas no campo. As atividades incluem: podas; adubações e aplicações de fertilizantes via fertirrigação, seguindo as necessidades nutricionais para a produção estimada; roçagem nas linhas e entrelinhas das plantas; manejo fitossanitário; irrigação, indução artificial do florescimento; limpeza de panículas e frutos; tutoramento de frutos, dentre outras.

### **3.4 Variáveis analisadas**

#### **3.4.1 Fertilidade do solo**

O teor de nutrientes no solo após a aplicação dos tratamentos foi avaliado ao final do ciclo de produção da manga. O solo foi amostrado nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm, na projeção da copa das plantas, obedecendo aos tratamentos aplicados via solo (doses e granulometrias do Lithothame), cada amostra composta foi formada por 16 amostras simples, as quais foram avaliadas para fins de fertilidade, determinando-se: pH em água; matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca); magnésio (Mg); ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn); capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%) (TEDESCO *et al.* 1995; EMBRAPA, 2009).

#### **3.4.2 Teor de nutrientes nas folhas**

Os teores de nutrientes, nas folhas, foram determinados em quatro amostragens, sendo a primeira realizada antes da floração das plantas (120 dias após a primeira aplicação do Lithothame), no momento em que antecedeu a primeira aplicação dos tratamentos com nitrato (nitrato de cálcio e nitrato de Lith). A segunda e terceira amostragens foram realizadas após aplicações do nitrato, quando as plantas estavam no início e na plena floração, respectivamente. Já a quarta amostragem foliar foi realizada ao final do ciclo da cultura (140 dias após a floração), quando os frutos já estavam na fase de maturação para a colheita.

A amostragem das folhas foi realizada na altura média da copa das plantas, nos quatro pontos cardeais e no penúltimo ramo de fluxos vegetativos recém-maduros e sadios. As folhas coletadas foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e levadas para o laboratório de Solos e Material Vegetal do IF-SERTÃO-PE, Campus Zona Rural. No laboratório, as folhas foram lavadas três vezes em água destilada por alguns segundos e, posteriormente, retornadas para os sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C, até obterem peso constante. As amostras secas foram trituradas em micromoinho tipo Willey e acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e armazenados, para a determinação de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg).

Os nutrientes P, K, Ca e Mg foram obtidos por digestão nítrico-perclórica conforme proposto por Malavolta *et al.* (1997). Os teores de P foram determinados por

colorimetria de metavanadato com a cor desenvolvida lida em espectrofotômetro de absorção molecular, absorvância de 420 nm. Os teores de K foram analisados em fotômetro de chama, calibrado com solução padrão de 20 ppm de K e 20 ppm de Na. O Ca e o Mg foram lidos em espectrofotometria de absorção atômica.

A avaliação dos teores de N foi por digestão sulfúrica conforme Malavolta *et al.* (1997) e Embrapa (2009), seguida de destilação a vapor em semimicro Kjeldahl e titulação com ácido sulfúrico a 0,02 N.

### **3.4.3 Teor de nutrientes nos frutos**

A avaliação do teor de macronutrientes nos frutos deu-se na colheita. Amostras da casca (exocarpo) e polpa (endocarpo) dos frutos foram colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até obterem peso constante. Em seguida, o material foi triturado em micromoinho tipo Willey e acondicionadas em saco de papel para a determinação de N, P, K, Ca e Mg, conforme metodologias descritas no item de determinação de teores de nutrientes nas folhas. De posse dos resultados, estabeleceram as relações de N/Ca, K/Ca nas partes dos frutos amostrados.

### **3.4.4 Produção**

As características de produção avaliadas foram: número de frutos por plantas (NMF planta<sup>-1</sup>), obtido pela contagem dos frutos produzidos na planta; massa média dos frutos (MMF), em gramas, estimada através da pesagem de 20 frutos em balança digital; e produtividade, determinada pelo produto do número de plantas por hectare e a quantidade produzida por planta, o resultado foi expresso em toneladas por hectare.

### **3.4.5 Avaliação da qualidade pós-colheita dos frutos**

Para a realização das análises de pós-colheita, foram colhidos 20 frutos por unidade experimental no estágio de maturação 1,5-2,0. Nesse estágio de maturação, os frutos são caracterizados por cor verde clara da casca, polpa levemente amarela e teor de sólidos solúveis de aproximadamente 6,0 °Brix, conforme padronização de alguns exportadores (EMEX, 1998).

Após a colheita, os frutos passaram pelo processo de limpeza com lavagem em solução antifúngica e colocados para secagem ao ar, sendo, em seguida, identificados e

pesados individualmente para a avaliação da massa média dos frutos e posterior perda de massa.

Após a identificação e pesagem, os frutos de cada unidade experimental foram acondicionados em caixas de papelão com capacidade para 9 kg e armazenados em câmara fria com temperatura de  $10 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $85,5 \pm 5 \%$  para análises posteriores. Para a determinação da qualidade dos frutos no dia da colheita, foram separados três frutos de cada unidade experimental, caracterizando o tempo inicial de armazenamento. Cada fruto constituiu uma repetição dentro da unidade experimental.

O primeiro lote de frutos foi retirado da câmara fria após 15 dias de armazenamento, obedecendo ao tempo de transporte marítimo para a Europa. Depois da retirada da câmara fria, os frutos foram mantidos por três dias na condição de vida prateleira sob  $22 \pm 1^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $60 \pm 5 \%$ . Em seguida, foram realizadas mais três retiradas da câmara fria espaçadas em intervalos de três a quatro dias, e obedecendo ao tempo de condição de prateleira, para a realização das análises de pós-colheita. Os tempos de avaliação pós-colheita foram: 0; 18 (15 + 3); 21 (18 + 3), 25 (21 + 4) e 28 (25 + 3) dias. Para cada dia de análise escolhiam-se, ao acaso, três frutos de cada unidade experimental.

No dia da colheita, os frutos foram avaliados quanto ao teor de sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (ATT), relação SS/ATT e pH. As análises foram realizadas no Laboratório Experimental de Alimentos e Laboratório de Análises de Águas, localizados no IF-SERTÃO-PE, Campus Petrolina.

Para a realização dessas análises, a polpa dos frutos, de cada unidade experimental, foi fatiada, homogeneizada e processada em liquidificador industrial, efetuando-se as seguintes análises: teor de SS, determinado por meio da leitura direta em refratômetro portátil e o resultado expresso em  $^\circ\text{Brix}$ ; ATT, obtida por titulação com NaOH 0,1 N usando fenolftaleína como indicador, de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (1985), com resultados expressos em percentagem de ácido cítrico; relação SS/ATT determinada pelo quociente entre as duas variáveis; e, pH aferido com o auxílio de pHgâmetro.

A determinação das variáveis citadas foi repetida nos frutos que estavam armazenados em câmara fria para a avaliação do tempo de prateleira, acrescidas das determinações de perda de massa e firmeza dos frutos. A perda de massa, expressa em percentual, foi estimada através da fórmula:  $\%PM = [(PI - PF)/PI] \times 100$ , onde: %PM = perda de massa, PI = peso inicial do fruto e, PF = peso final do fruto. A firmeza, expressa em Newton (N), foi determinada com penetrômetro de ponteira de 2 mm, a medição foi

feita em dois pontos opostos na região mediana dos frutos, após a remoção de pequena porção da casca.

### **3.5 Análise estatística**

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo os graus de liberdade relativos às doses do Lithothame e ao tempo de armazenamento pós-colheita dos frutos desdobrados em análise de regressão. Os modelos estatísticos foram escolhidos pela significância dos coeficientes das equações e pelo maior  $R^2$  ajustado. Os graus de liberdade relativos à granulometria e aos tratamentos com nitrato foram comparados pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software Sistema de Análise de Variância para Dados Balanceados (SISVAR), desenvolvido por Ferreira (2000).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Fertilidade do solo

Com base na análise de variância para a avaliação da fertilidade do solo verifica-se efeito significativo apenas da interação das doses de Lithothame *versus* granulometria para a variável concentração de potássio na camada de 0 - 20 cm ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4), entretanto, não houve ajuste dos dados com o desdobramento da análise de regressão para essa interação.

**Tabela 4** - Resumo da análise de variância para a fertilidade do solo da área experimental em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran) do Lithothame.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS										
		Camada 0 - 20 cm										
		P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	pH	Corg	
Bloco	2	ns	*	ns	ns	**	***	ns	ns	ns	*	
L solo	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
Res <sub>(1)</sub>	8											
Gran	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
L solo x Gran	4	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
Res <sub>(2)</sub>	10											
CV 1 (%)		29,96	17,44	21,22	34,25	18,31	18,18	33,05	24,85	3,44	26,94	
CV 2 (%)		13,21	5,81	14,57	30,15	17,79	15,81	28,1	10,78	3,17	16,77	
		Camada 20 - 40 cm										
Bloco	2	ns	**	ns	ns	**	***	**	ns	ns	***	
L solo	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
Res <sub>(1)</sub>	8											
Gran	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
L solo x Gran	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
Res <sub>(2)</sub>	10											
CV <sub>1</sub> (%)		23,2	12,83	22,03	32,87	18,09	19,29	37,78	30,22	4,91	13,8	
CV <sub>2</sub> (%)		21,43	7,82	17,06	22,01	20,62	15,37	29,43	30,64	2,77	23,83	

FV - fonte de variação; GL - Graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*\*\*, \*\*, \*, ns - significativo a  $p < 0,01$ ,  $0,05$  e  $0,10$ , e não significativo respectivamente, pelo teste F.

Diante do resultado da análise de variância (Tabela 4) não se notou efeito dos tratamentos com Lithothame na fertilidade do solo cultivado após um ciclo de produção. Esse resultado pode ser atribuído às características do solo antes da implantação do experimento como teor médio de  $\text{Ca}^{2+}$  de  $4,12 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , pH 6,61 e saturação por bases de 80,55% (Tabela 1). Desse modo, há uma necessidade da avaliação do efeito de Lithothame em solos com características químicas distintas e também o seu efeito por um maior

período de tempo, para verificar possíveis efeitos no solo, bem como implicações em ciclo de produção seguintes, principalmente para o Lithothame na granulometria de 600 mesh.

Moreira *et al.* (2014) atribuem a não diferença entre as variáveis da análise de solo avaliadas com a aplicação do granulado bioclástico nas plantas à elevação da saturação por bases promovida pela aplicação de calcário na área em períodos anteriores à avaliação. Já Carvalho *et al.* (2015) verificaram aumento na soma de bases, CTC efetiva, CTC potencial, teor de matéria orgânica e de Ca em solos cultivados, com duas variedades de oliveira, oito meses após a aplicação de fertilizante organomineral contendo, algas calcárias.

#### **4.2 Teores foliares de N, P, K, Ca e Mg em plantas de manga ‘Palmer’**

Com base na análise de variância, a aplicação dos tratamentos propostos apresentou efeito diferenciado sobre os teores foliares de N, P, e K, conforme se observa na Tabela 5. Verificando-se efeito significativo do Lithothame aplicado via solo para P ( $p < 0,05$ ) na fase de maturação dos frutos e para K ( $p < 0,05$ ) antes da floração (Tabela 5). A interação Lithothame aplicado via solo *versus* granulometria influenciou o N ( $p < 0,05$ ) no início da floração; o P ( $p < 0,01$ ) e K ( $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ ) antes da floração e na fase de maturação dos frutos (Tabela 5). Os tratamentos de nitrato aplicado via folha apresentaram significância para K ( $p < 0,05$ ) na fase de maturação dos frutos, enquanto a interação granulometria do Lithothame aplicado via solo *versus* tratamentos de nitrato via folha foi significativa para N ( $p < 0,10$ ) e P ( $p < 0,01$ ), avaliados no início da floração (Tabela 5).

**Tabela 5** - Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P e K, em plantas de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, e combinadas com tratamentos de nitrato via foliar (N folha).

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS											
		N <sup>(I)</sup>	N <sup>(II)</sup>	N <sup>(III)</sup>	N <sup>(IV)</sup>	P <sup>(I)</sup>	P <sup>(II)</sup>	P <sup>(III)</sup>	P <sup>(IV)</sup>	K <sup>(I)</sup>	K <sup>(II)</sup>	K <sup>(III)</sup>	K <sup>(IV)</sup>
Bloco	2	**	***	***	**	ns	*	ns	***	ns	**	ns	**
L solo	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	ns
Res <sub>(1)</sub>	8												
Gran	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L solo x Gran	4	ns	**	ns	ns	***	ns	ns	ns	*	ns	ns	***
Res <sub>(2)</sub>	10												
N folha	3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
L solo x N folha	12	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Gran x N folha	3	ns	*	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L solo x Gran x N folha	12	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
Res <sub>(3)</sub>	60												
CV <sub>1</sub> (%)	-	12,50	11,27	8,00	13,45	18,96	30,94	31,00	15,04	9,74	11,55	16,58	15,27
CV <sub>2</sub> (%)	-	9,52	7,16	9,09	10,11	9,61	17,59	20,25	12,99	6,22	9,80	10,58	11,01
CV <sub>3</sub> (%)	-	6,96	8,36	6,92	7,49	9,81	14,32	19,03	7,43	5,99	6,15	7,98	11,71

FV - fonte de variação; GL - Graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; (I), (II), (III), (IV) - número de amostragens foliares realizadas: antes da floração, início da floração, plena floração, e maturação dos frutos, respectivamente; \*\*\*, \*\*, \*, ns - significativo a  $p < 0,01$ ,  $0,05$  e  $0,10$ , e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

A interação do Lithothame aplicado via solo *versus* a granulometria influenciou diferentemente os teores foliares de N no início da fase de floração da manga, observando uma resposta quadrática para a granulometria de 1200 mesh (Figura 4), com teor máximo de 19,01 g kg<sup>-1</sup> de N na dose estimada de 51,78 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame. Já a granulometria de 600 mesh não exerceu efeito significativo sobre os teores foliares de N, apresentando teor médio de 17,84 g kg<sup>-1</sup>.

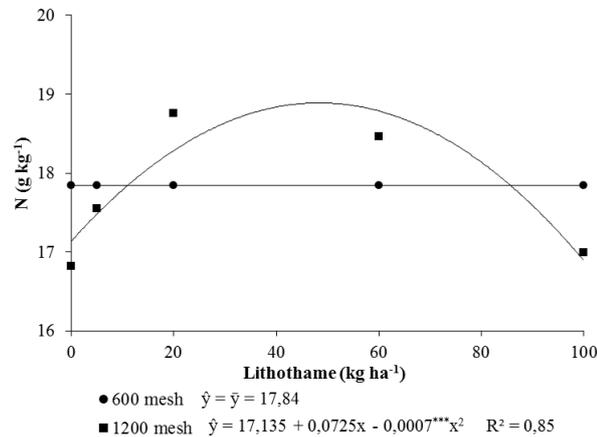


Figura 4 - Teor médio foliar (n = 12) de N no início da floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.

À aplicação de 2,5% de nitrato de cálcio associada ao Lithothame na granulometria de 600 mesh favoreceu maior teor de N, 18,38 g kg<sup>-1</sup>, diferindo da granulometria de 1200 mesh. Nos demais tratamentos, o teor foliar de N não diferiu em relação às granulometrias. Observa-se, ainda, que, tanto na granulometria de 600 mesh quanto na de 1200 mesh, o teor de N nos tratamentos com nitrato de cálcio e nitrato de Lith não diferiram entre si (Tabela 6).

**Tabela 6** - Teor médio foliar (n = 15) de N no início da floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função dos tratamentos com nitrato e da granulometria do Lithothame aplicada em um Argissolo Amarelo

Tratamentos (nitrato)	N (g kg <sup>-1</sup> )	
	Granulometria do Lithothame	
	600 mesh	1200 mesh
2,5% - nitrato de cálcio	18,38 Aa	17,08 Ba
0,5% - nitrato de Lith	17,65 Aa	17,82 Aa
1,5% - nitrato de Lith	18,03 Aa	17,90 Aa
3,0% - nitrato de Lith	17,28 Aa	18,05 Aa

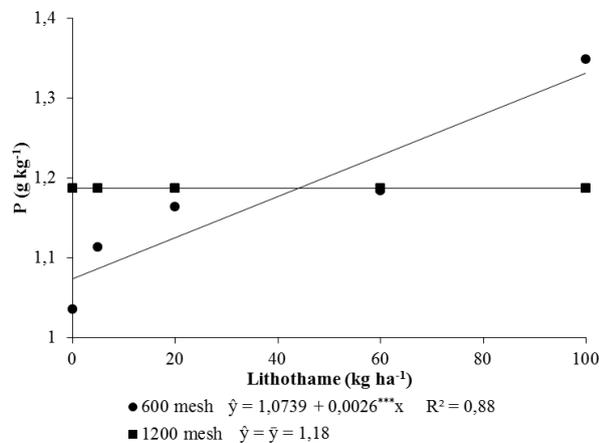
Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os teores foliares de N do presente trabalho foram superiores aos estabelecidos por Quaggio (1996) para a cultura da mangueira, que considerou como suficientes teores

de N na faixa de 12 - 14 g kg<sup>-1</sup>. Entretanto, corroboram com os apresentados por Rozane *et al.* (2007), ao avaliarem o tamanho da amostra foliar em pomares de mangueiras; por Galli *et al.* (2009) em estudo sobre o estado nutricional de variedades de mangueiras conduzidas organicamente; e por Silva *et al.* (2014) em trabalho sobre a fertilidade do solo e a nutrição mineral de pomares de manga do Vale do São Francisco.

Teores de N acima da faixa de referência podem ser atribuídos ao próprio manejo da fertilidade do solo da área, como a adição de fertilizantes orgânicos e aplicações constantes de nitrato. Além disso, o teor de N pode variar com a fase fenológica e idade da planta e, também, de um ano para o outro (SILVA *et al.*, 2014).

Na amostragem foliar realizada antes da floração (Figura 5), a granulometria de 600 mesh promoveu aumento linear a taxas constantes de 0,0026 g kg<sup>-1</sup> de P por unidade de Lithothame, de modo que, entre a dose 0 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame, houve um incremento de 0,26 g kg<sup>-1</sup> de P; provavelmente, as partículas dessa granulometria reagiram mais lentamente no solo, favorecendo a disponibilidade de P no solo por um maior período de tempo. Comparativamente, os valores de P obtidos com a granulometria de 1200 mesh não se ajustaram as equações de regressão, apresentando teor médio de 1,18 g kg<sup>-1</sup> de P (Figura 5).



**Figura 5** - Teor médio foliar (n= 12) de P antes da floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.

Para os teores de P, no início da floração, verifica-se que a granulometria de 1200 mesh associada aos tratamentos foliares de 2,5% de nitrato de cálcio, 0,5% e 1,5% de nitrato de Lith proporcionou maiores teores de P, diferindo significativamente da granulometria de 600 mesh (Tabela 7).

Na comparação entre os tratamentos com nitrato, na granulometria de 600 mesh, o teor de P de 1,11 g kg<sup>-1</sup> no tratamento com 3% de nitrato de Lith diferiu dos teores de P

registrados para 2,5% de nitrato de cálcio e para 0,5% de nitrato de Lith. Enquanto, na granulometria de 1200 mesh, os teores de P não diferiram em função dos tratamentos com nitrato (Tabela 7).

**Tabela 7** - Teor médio foliar (n = 15) de P no início da floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função dos tratamentos com nitrato e da granulometria do Lithothame aplicada em um Argissolo Amarelo.

Tratamentos (nitrato)	P (g kg <sup>-1</sup> )	
	Granulometria do Lithothame	
	600 mesh	1200 mesh
2,5% nitrato de cálcio	0,96 Ab	1,05 Aa
0,5% - nitrato de Lith	0,90 Bb	1,05 Aa
1,5% - nitrato de Lith	0,97 Bab	1,09 Aa
3% - nitrato de Lith	1,11 Aa	0,96 Ba

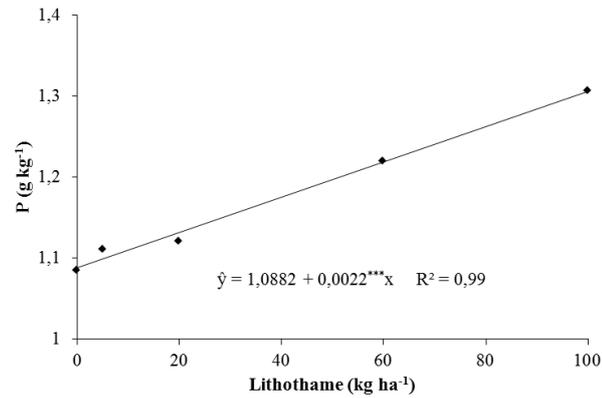
Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os teores foliares de P obtidos neste trabalho ficaram na faixa de suficiência de 0,8 a 1,6 g kg<sup>-1</sup> proposta por Quaggio (1996).

Os maiores teores de P na granulometria de 1200 mesh, na amostragem realizada no início da floração (Tabela 7) pode ser justificado, pelo fato de, na amostragem anterior (Figura 5), as plantas que receberam a granulometria de 600 mesh já apresentavam uma quantidade suficiente de P não o absorvendo com a mesma rapidez daquelas tratadas com a granulometria de 1200 mesh. Epstein e Bloom (2004) relatam que a eficiência de absorção de nutrientes diminui com altas aplicações de fertilizantes, porque as plantas regulam para baixo seus mecanismos de transporte, absorvendo os nutrientes apenas a taxas suficientes para manter as demandas de crescimento.

O teor de P, na fase de maturação dos frutos, incrementou linearmente em função das doses crescentes de Lithothame, a taxas constantes de 0,0022 g kg<sup>-1</sup> por unidade de Lithothame. Este aumento foi da ordem de 0,22 g kg<sup>-1</sup> entre a dose 0 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame (Figura 6). Dessa forma, nas condições em que o experimento foi realizado, o Lithothame proporcionou um maior teor de P no tecido foliar das plantas de manga, sugerindo que o P presente no Lithothame está em forma bioativa.

O incremento no teor de P com a adição de Lithothame corrobora com os resultados apresentados por Moreira *et al.* (2014), que registraram aumento nos teores foliares de N e P em plantas de tangerina tratadas com granulados bioclástico.



**Figura 6** - Teor médio foliar (n = 24) de P na fase de maturação dos frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.

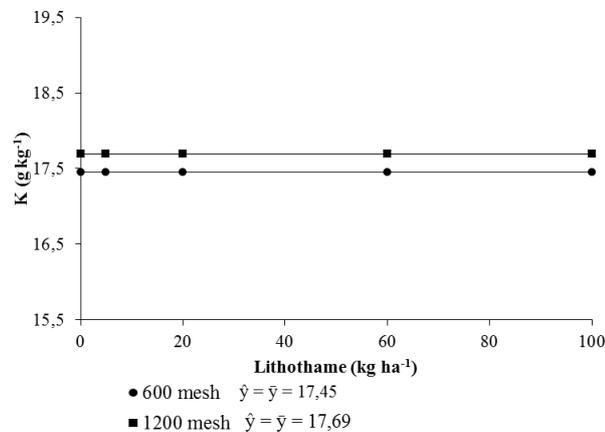
O P é necessário para a divisão e o crescimento celular da planta. É especialmente importante no desenvolvimento radicular, comprimento da inflorescência, duração da floração, tamanho da folha e maturação do fruto (EPSTEIN e BLOOM, 2006). Com isso, é possível que a aplicação do Lithothame tenha favorecido na produção e qualidade dos frutos da manga ‘Palmer’, contribuindo para uma maior fixação dos frutos e amadurecimento no devido tempo, funções atribuídas ao P por Silva *et al.* (2002). Além do mais, esse elemento influencia positivamente na coloração da casca, uma característica de grande importância para o mercado consumidor (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

A produtividade das plantas depende da fotossíntese e que os processos fotossintéticos se baseiam em compostos, contendo P (VENEKLAAS *et al.* 2012; TAIZ e ZEIGER, 2013). Assim, o aumento nos teores de P promovido pelo Lithothame durante as fases avaliadas pode ter favorecido uma maior taxa fotossintética das plantas e, com isso, possibilitou uma maior síntese de fotoassimilados, favorecendo na produção e qualidade dos frutos. Lester *et al.* (2001) colocam que o P está envolvido na promoção da síntese da sacarose fosfato, cuja atividade é importante para a determinação do teor de açúcar solúvel de fruta para muitas espécies e, especialmente, para estimular a acumulação de sacarose.

Nas condições em que este trabalho foi realizado, aventa-se, ainda, a hipótese que o Lithothame pode ter favorecido a absorção do P pelo fato de o Ca presente nas algas calcárias ter estimulado o crescimento radicular, condição particularmente importante para plantas perenes, devido à exaustão dos nutrientes imóveis na zona de absorção radicular. Assim, para íons pouco móveis, como o fosfato, fatores que promovam a expansão do sistema radicular, aumentando a área de contato entre o solo e as raízes, como o fornecimento de Ca, influencia positivamente na absorção do P (ARAÚJO e MACHADO, 2008).

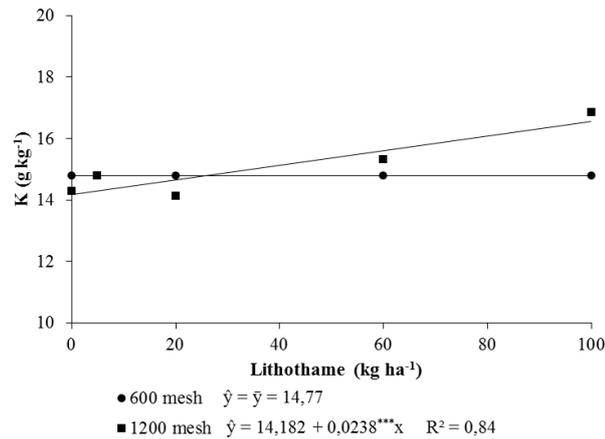
Essa condição também pode ser atribuída ao K, que, assim como o P, se desloca, em parte, até as raízes pelo mecanismo de difusão. O aumento da área do sistema radicular resulta na exploração de maior volume de solo pelas plantas e, como consequência, maior interceptação de K e diminuição no caminho a ser percorrido pelo nutriente em direção às raízes, tanto por difusão quanto por fluxo de massa (ERNANI *et al.* 2007).

A interação dose do Lithothame aplicado via solo *versus* a granulometria apresentou significância a  $p < 0,10$  (Apêndice 1) para os teores foliares de K antes da floração, não havendo ajuste dos dados aos modelos estatísticos aplicados (Figura 7), registrando, dessa forma, teores médios de K de  $17,45 \text{ g kg}^{-1}$  para a granulometria de 600 mesh e de  $17,69 \text{ g kg}^{-1}$  para a granulometria de 1200 mesh.



**Figura 7** - Teor médio foliar ( $n = 12$ ) de K antes da floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função de doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.

Na fase de maturação dos frutos, a granulometria de 1200 mesh proporcionou acréscimo linear de  $0,0238 \text{ g kg}^{-1}$  de K por unidade de Lithothame, representado um aumento de 14,37% entre a dose 0 e  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de Lithothame, enquanto a granulometria de 600 mesh não influenciou o teor foliar de K, obtendo teor médio de K de  $14,77 \text{ g kg}^{-1}$  (Figura 8).



**Figura 8** - Teor médio foliar (n = 12) de K na fase de maturação dos frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.

Na avaliação do K em função dos tratamentos com nitrato, verifica-se, na fase de maturação dos frutos, que o tratamento com 2,5% de nitrato de cálcio obteve o maior teor de K, 15,67 g kg<sup>-1</sup>, diferindo apenas do tratamento com 3% de nitrato de Lith, que apresentou 14,31 g kg<sup>-1</sup> de K (Tabela 8).

**Tabela 8** - Teor médio foliar (n = 30) de K na fase de maturação de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função dos tratamentos com nitrato aplicado via foliar em um Argissolo Amarelo.

Tratamentos (nitrato)	K (g kg <sup>-1</sup> )
2,5% - nitrato de cálcio	15,67 a
0,5% - nitrato de Lith	14,62 ab
1,5% - nitrato de Lith	15,06 ab
3% - nitrato de Lith	14,31 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Moreira *et al.* (2012) registraram redução nos teores de K com o granulado bioclástico (da marca comercial Alfertil<sup>®</sup>), fato atribuído ao aumento da produção de frutos das plantas, pois, além desse nutriente ser requerido para a produção de frutas com qualidade, a amostragem foi realizada no período da colheita, quando os nutrientes já tinham sido translocados para os frutos.

Com base na análise de variância para os teores foliares de Ca e Mg (Tabela 9), verificou-se efeito para os teores de Ca na plena floração da granulometria do Lithothame aplicado via solo (p<0,10), da interação granulometria do Lithothame aplicado via solo *versus* tratamentos de nitrato via folha (p<0,10) e dos tratamentos de nitrato via folha (p<0,01) (Tabela 9). Na fase de maturação dos frutos, também, houve efeito significativo

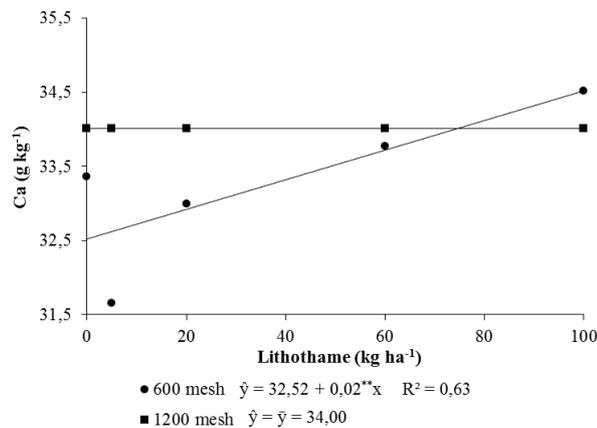
dos tratamentos de nitrato via folha ( $p < 0,01$ ) para os teores de Ca (Tabela 9). Já os teores foliares de Mg não foram influenciados pelas fontes de variação testadas (Tabela 9).

**Tabela 9** - Resumo da análise de variância para os teores foliares de Ca e Mg em plantas de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, e combinadas com tratamentos de nitrato (N folha), via foliar.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS							
		Ca <sup>(I)</sup>	Ca <sup>(II)</sup>	Ca <sup>(III)</sup>	Ca <sup>(IV)</sup>	Mg <sup>(I)</sup>	Mg <sup>(II)</sup>	Mg <sup>(III)</sup>	Mg <sup>(IV)</sup>
Bloco	2	***	ns	***	**	***	ns	*	ns
L solo	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Res <sub>(1)</sub>	8								
Gran	1	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
L solo x Gran	4	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
Res <sub>(2)</sub>	10								
N folha	3	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns
L solo x N folha	12	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Gran x N folha	3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L solo x Gran x N folha	12	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Res <sub>(3)</sub>	60								
CV <sub>1</sub> (%)	-	25,27	32,51	6,8	25,18	23,41	36,27	27,96	24,59
CV <sub>2</sub> (%)	-	17,57	9,95	6,67	19,85	22,02	18,06	10,62	23,08
CV <sub>3</sub> (%)	-	10,97	8,89	6,10	12,65	17,79	11,84	9,02	18,28

FV - fonte de variação; GL - Graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; (I), (II), (III), (IV) - número de amostragens foliares realizadas: antes da floração, início da floração, plena floração, e maturação dos frutos, respectivamente; \*\*\*, \*\*, \*, ns - significativo a  $p < 0,01$ ,  $0,05$  e  $0,10$ , e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

A granulometria de 600 mesh promoveu, na fase de plena floração da mangueira, um incremento linear de  $0,02 \text{ g kg}^{-1}$  de Ca por unidade de Lithothame na granulometria de 1200 mesh, as plantas apresentaram teor foliar médio de  $34 \text{ g kg}^{-1}$  de Ca (Figura 9).



**Figura 9** - Teor médio foliar ( $n = 12$ ) de Ca na plena floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.

Embora as plantas do tratamento com 0 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame (referente ao gesso agrícola fornecido no manejo do pomar) tenham obtido teor adequado de Ca (Figura 9), o Lithothame, ainda, favoreceu a absorção desse elemento, indicando que o uso de algas calcárias pode ser uma alternativa viável de suprimento de cálcio em culturas exigentes nesse nutriente, como a manga.

Hepler (2005) discorre que um bom suprimento de Ca na fase de floração é importante devido a parede celular do tubo polínico, especialmente, a extremidade, ser composta quase que inteiramente por pectina, sendo razoável assumir que a interação cálcio e pectato domina a exigência por esse íon.

Desse modo, na avaliação dos teores de Ca na plena floração, em função das doses foliares de nitrato, são apresentados na Tabela 10, verificando-se maior teor de Ca, 34,74 g kg<sup>-1</sup>, para o tratamento com 3% de nitrato de Lith, contudo sem diferir dos tratamentos com 2,5% de nitrato de cálcio e 1,5% de nitrato de Lith. Enquanto o menor teor de Ca, 32,70 g kg<sup>-1</sup> foi para o tratamento com 0,5% de nitrato de Lith (Tabela 10), resultado que pode ser associado a maior produtividade nesse tratamento (Figura 20), indicando uma diluição desse nutriente.

**Tabela 10** - Teor médio foliar (n = 30) de Ca na plena floração de plantas de manga 'Palmer' em função dos tratamentos foliares com nitrato em um Argissolo Amarelo.

Tratamentos (nitrato)	Ca (g kg <sup>-1</sup> )
2,5% - nitrato de cálcio	33,46 ab
0,5% - nitrato de Lith	32,70 b
1,5% - nitrato de Lith	33,62 ab
3% - nitrato de Lith	34,74 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os teores de Ca registrados neste trabalho encontram-se na faixa recomendada por Quaggio (1996) para a cultura da manga que é de 20 - 35 g kg<sup>-1</sup>, de modo que, nas condições em que o experimento foi realizado, a aplicação de 5 kg ha<sup>-1</sup> do Lithothame e 0,5% de nitrato de Lith, ao manejo da manga seriam suficientes para o suprimento de Ca as plantas.

Os resultados do presente trabalho são condizentes com os apresentados por Carvalho *et al.* (2015), que verificaram aumento nos teores de Ca em variedades de oliveiras tratadas com fertilizante organomineral, contendo algas calcárias. Melo e Furtini Neto (2003) atribuem o incremento linear de Ca em folhas de feijoeiro ao consequente aumento nos teores de Ca e Mg trocáveis no solo, ocasionado pelo *Lithothamnium* spp., possibilitando o aumento de absorção pelo sistema radicular da cultura.

Na fase de maturação dos frutos, o maior teor foliar de Ca ( $20,11 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi obtido no tratamento com 2,5% de nitrato de cálcio, diferindo apenas do tratamento com 3% de nitrato de Lith ( $18,34 \text{ g kg}^{-1}$  de Ca) (Tabela 11). Observa-se, ainda, uma redução nos teores de Ca (Tabela 11) em relação à plena floração (Tabela 10). A pequena variação nos teores de cálcio entre os tratamentos pode ser atribuída aos teores de cálcio e percentual da saturação de bases elevados do solo da área experimental (Tabela 1).

**Tabela 11** - Teor médio foliar ( $n = 30$ ) de Ca na fase de maturação dos frutos de manga ‘Palmer’ em função dos tratamentos foliares com Nitrato em um Argissolo Amarelo.

Tratamentos (nitrato)	Ca ( $\text{g kg}^{-1}$ )
2,5% - nitrato de cálcio	20,11 a
0,5% - nitrato de Lith	19,00 ab
1,5% - nitrato de Lith	19,22 ab
3% - nitrato de Lith	18,34 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Com base nos resultados apresentados para os teores foliares de N, P, K, e Ca, verificou-se que a mangueira foi responsiva a aplicação das formulações de algas calcárias, sugerindo que os nutrientes presentes nas formulações propostas estão em forma bioativa, a qual favorece a absorção pelas plantas. De modo geral, os teores de macronutrientes nas folhas das plantas nas fases avaliadas (antes da floração, início da floração, plena floração e fase de maturação dos frutos), foram na seguinte ordem:  $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P}$ , concordando com os resultados apresentados por Medeiros *et al.* (2013).

#### 4.3 Relações N/Ca e K/Ca em folhas de manga ‘Palmer’

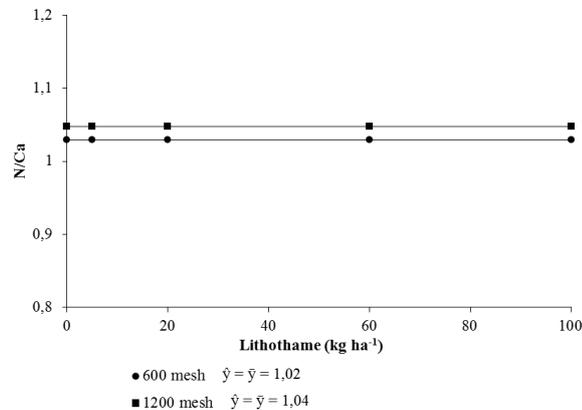
O resumo da análise de variância para as relações N/Ca e K/Ca nas folhas da manga ‘Palmer’ (Tabela 12) mostra efeito significativo da interação dose de Lithothame aplicado via solo *versus* granulometria, no início da floração, e dos fatores isolados granulometria do Lithothame aplicado via solo e tratamentos com nitratos via folha, na plena floração, sobre a relação N/Ca ( $p < 0,10$ ,  $p < 0,05$ ), respectivamente. Enquanto, a relação K/Ca foi influenciada pelo fator nitrato ( $p < 0,05$ ), na plena floração.

**Tabela 12** - Resumo da análise de variância para as relações foliares N/Ca e K/Ca em plantas de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, e combinadas com tratamentos de nitrato (N folha), via foliar.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS							
		N/Ca <sup>(I)</sup>	N/Ca <sup>(II)</sup>	N/Ca <sup>(III)</sup>	N/Ca <sup>(IV)</sup>	K/Ca <sup>(I)</sup>	K/Ca <sup>(II)</sup>	K/Ca <sup>(III)</sup>	K/Ca <sup>(IV)</sup>
Bloco	2	***	***	ns	**	***	ns	**	ns
L solo	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Res <sub>(1)</sub>	8								
Gran	1	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
L solo x Gran	4	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Res <sub>(2)</sub>	10								
N folha	3	ns	ns	**	ns	ns	ns	**	ns
L solo x N folha	12	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Gran x N folha	3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L solo x Gran x N folha	12	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Res <sub>(3)</sub>	60								
CV <sub>1</sub> (%)	-	12,76	33,28	9,33	28,89	26,15	34,27	16,21	37,68
CV <sub>2</sub> (%)	-	16,73	12,71	13,92	17,59	16,18	16,44	15,26	27,77
CV <sub>3</sub> (%)	-	12,22	13,45	9,56	16,72	13,45	12,1	11,98	18,93

FV - fonte de variação; GL - Graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; (I), (II), (III), (IV) - número de amostragens foliares realizadas: antes da floração, início da floração, plena floração, e maturação dos frutos, respectivamente; \*\*\*, \*\*, \*, ns - significativo a  $p < 0,01$ ,  $0,05$  e  $0,10$ , e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Na Figura 10, observam-se os valores da relação N/Ca no início da floração em função da interação de doses de Lithothame e granulometria. Nota-se que não houve ajuste dos dados às equações de regressão, sendo representados pelos valores médios de 1,02 e 1,04 para as granulometrias de 600 e 1200 mesh, respectivamente.



**Figura 10** - Relação foliar (n = 12) de N/Ca no início da floração de plantas de manga 'Palmer' em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.

Na plena floração, a relação N/Ca foi superior na granulometria de 600 mesh (Tabela 13), fato que corrobora com a menor absorção de Ca pelas plantas nessa granulometria (Figura 9). Quanto à aplicação dos tratamentos foliares, a relação N/Ca, foi menor em 3% de nitrato de Lith, resultado que corrobora o maior teor de Ca nesse tratamento na plena floração (Tabela 10), assim esse resultado pode ser associado a um efeito de concentração, relacionado à menor produtividade obtida pelas plantas nesse tratamento (Tabela 18).

**Tabela 13** - Relação foliar de N/Ca na plena floração de plantas de manga 'Palmer' em função da granulometria (n = 60) do Lithothame e dos tratamentos com nitrato (n = 30) em um Argissolo Amarelo.

<b>Granulometria do Lithothame</b>	<b>N/Ca</b>
600 mesh	0,51 a
1200 mesh	0,48 b
<b>Tratamentos (nitrato)</b>	<b>N/Ca</b>
2,5% - nitrato de cálcio	0,50 ab
0,5% - nitrato de Lith	0,51 a
1,5% - nitrato de Lith	0,49 ab
3,0% - nitrato de Lith	0,47 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem para Granulometria e Nitrato pelo teste de Tukey a  $p < 0,10$  e  $p < 0,05$ , respectivamente.

Na Tabela 14, observa-se que a relação K/Ca foi superior no tratamento com 2,5% de nitrato de cálcio, diferindo do tratamento com 3% de nitrato de Lith ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 14** - Relação foliar ( $n = 30$ ) de K/Ca na plena floração de plantas de manga ‘Palmer’ em função dos tratamentos foliares com nitrato em um Argissolo Amarelo.

<b>Tratamentos (nitrato)</b>	<b>K/Ca</b>
2,5% - nitrato de cálcio	0,478 a
0,5% - nitrato de Lith	0,475 ab
1,5% - nitrato de Lith	0,460 ab
3,0% - nitrato de Lith	0,439 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), dms = 0,0378.

Embora os teores foliares de N, Figura 4 e Tabela 6; e K, Figuras 7 e 8 e Tabela 8, tenham ficado acima da faixa considerada adequada para as plantas de manga proposta por Quaggio (1996), não se notou a ocorrência de doenças/distúrbios pós-colheita nos frutos. Diante da função do cálcio na integridade das membranas da parede celular, quando esse nutriente apresenta baixas concentrações nos tecidos da planta, em relação ao nitrogênio e potássio, há um comprometimento da resistência da planta, ficando mais susceptível a sofrer distúrbio fisiológicos, como o colapso interno, apresentado na pós-colheita. A importância das relações N/Ca e K/Ca é evidenciada pelo papel fisiológico que esses elementos desempenham e pela velocidade de absorção e translocação dos mesmos no interior dos vegetais, sendo que o N e K são absorvidos e translocados nos tecidos vegetais com rapidez e facilidade no floema e xilema, enquanto a absorção do Ca pelas plantas é menor e após absorvido não apresenta mobilidade nos tecidos vegetais (ASSIS *et al.*, 2004; PRADO, 2008).

#### **4.4 Teores de N, P, K, Ca e Mg e relações N/Ca e K/Ca na casca e polpa de frutos de manga ‘Palmer’**

Verifica-se, para os teores de nutrientes avaliados na casca de frutos de manga, efeito significativo dos fatores dose de Lithothame aplicado via solo sobre os teores de P ( $p < 0,01$ ), K e Ca ( $p < 0,10$ ), e relação N/Ca ( $p < 0,05$ ); e, tratamentos com nitrato aplicado via folha para a relação K/Ca ( $p < 0,01$ ) (Tabela 15). Quanto às interações das fontes de variações, foram significativas: dose de Lithothame aplicado via solo *versus* granulometria para os teores de Ca ( $p < 0,10$ ) e Mg ( $p < 0,01$ ); dose de Lithothame aplicado via solo *versus* tratamentos com nitrato aplicado via folha para os teores de Ca ( $p < 0,05$ ) e relação K/Ca

( $p < 0,05$ ); e dose de Lithothame aplicado via solo *versus* granulometria *versus* tratamentos com nitrato aplicado via folha para os teores de Ca e Mg ( $p < 0,10$ ) (Tabela 15).

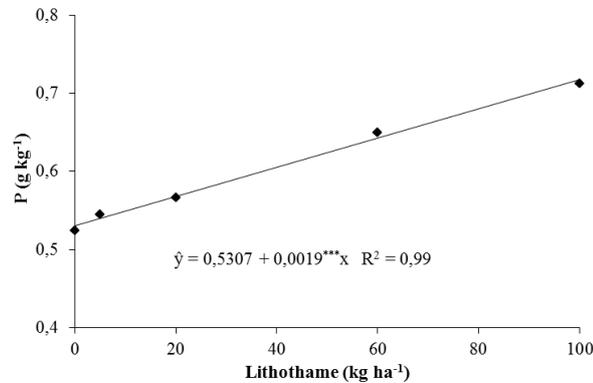
Na polpa, observa-se efeito significativo dos fatores dose de Lithothame aplicado via solo para a relação N/Ca ( $p < 0,05$ ), e tratamentos com nitrato aplicado via folha para o teor de Ca ( $p < 0,05$ ) (Tabela 15). A interação dose de Lithothame aplicado via solo *versus* granulometria foi significativa para os teores de Ca ( $p < 0,10$ ) e relação N/Ca ( $P < 0,05$ ) (Tabela 15). A interação dose de Lithothame aplicado via solo *versus* granulometria *versus* tratamentos com nitrato aplicado via folha apresentou efeito significativo sobre os teores de Ca ( $p < 0,10$ ), e as relações N/Ca ( $p < 0,05$ ) e K/Ca ( $p < 0,10$ ) (Tabela 15).

**Tabela 15** - Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P, K, Ca e Mg e das relações N/Ca e K/Ca na casca e polpa de frutos de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, e combinadas com tratamentos de Nitrato (N folha), via foliar.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS													
		CASCA							POLPA						
		N	P	K	Ca	Mg	N/Ca	K/Ca	N	P	K	Ca	Mg	N/Ca	K/Ca
Bloco	2	**	***	***	ns	*	*	ns	*	***	ns	*	**	*	ns
L solo	4	ns	***	*	*	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
Res <sub>(1)</sub>	8														
Gran	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L solo x Gran	4	ns	ns	ns	*	***	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	**	ns
Res <sub>(2)</sub>	10														
N folha	3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
L solo x N folha	12	ns	ns	ns	**	ns	ns	**	ns						
Gran x N folha	3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L solo x Gran x N folha	12	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	**	*
Res <sub>(3)</sub>	60														
CV <sub>1</sub> (%)	-	17,56	22,83	11,25	29,88	10,29	28,17	27,95	22,02	21,39	20,91	31,44	19,08	38,03	39,65
CV <sub>2</sub> (%)	-	19,6	28,51	11,41	28,45	9,82	42,75	38,5	21,11	19,76	15,78	23,25	15,41	35,99	33,36
CV <sub>3</sub> (%)	-	17,16	12,48	11,27	16,87	10,67	24,48	18,88	16,71	14,55	12,66	23,9	17,22	33,52	31,76

FV - fonte de variação; GL - Graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*\*\*, \*\*, \*, ns - significativo a  $p < 0,01$ ,  $0,05$  e  $0,10$ , e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Os teores de P na casca apresentaram resposta linear crescente de  $0,0019 \text{ g kg}^{-1}$  de P por unidade de Lithothame aplicada ao solo, representando aumento percentual de 26% quando se compara a dose  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de Lithothame (referente à aplicação de gesso agrícola) com a dose de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de Lithothame (Figura 11).

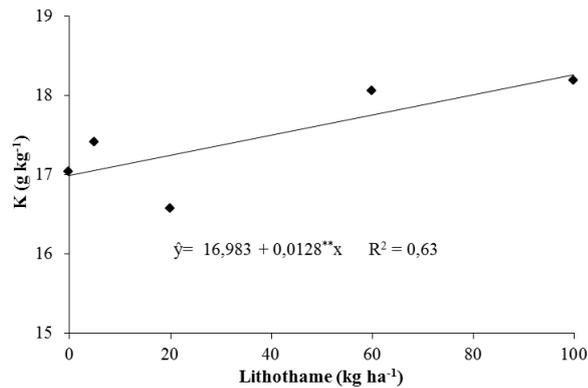


**Figura 11** - Teor médio ( $n = 24$ ) de P na casca de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.

A resposta do P na casca de frutos da manga é condizente com os resultados observados nos tecidos foliares (Figuras 5 e 6 e Tabela 7), que responderam positivamente à adição de Lithothame; entretanto, os tratamentos testados não foram suficientes para encontrar um ponto de máxima para a dose de Lithothame que favorecesse maior teor de P. Moreira *et al.* (2012) registraram incremento nos teores de P até a aplicação de  $0,5 \text{ kg}$  de granulado bioclástico por planta, com posterior decréscimo em plantas de tangerina, mas os autores colocam que essa redução pode ser relacionada com a utilização desse nutriente no aumento da produção, visto que a análise foliar foi feita no período da colheita.

Com elevada mobilidade dentro da planta, estudos têm mostrado que a remobilização do P a partir das folhas é amplamente determinada pelo movimento e demanda de carboidratos dentro da planta e não pela exigência do dreno (ARAÚJO e MACHADO 2008; VENEKLAAS *et al.*, 2012), demonstrando a importância desse elemento no transporte de açúcares na planta.

Assim como observado para o P, o K, na casca dos frutos de manga, apresentou acréscimo linear, a taxas constantes de  $0,0128 \text{ g kg}^{-1}$  (Figura 12). Em termos percentuais esse aumento foi de 7 % entre a dose 0 (referente à aplicação de gesso) e a de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de Lithothame. Os resultados apresentados para os teores foliares de P e K demonstram que o Lithothame promoveu uma maior eficiência na absorção desses nutrientes.



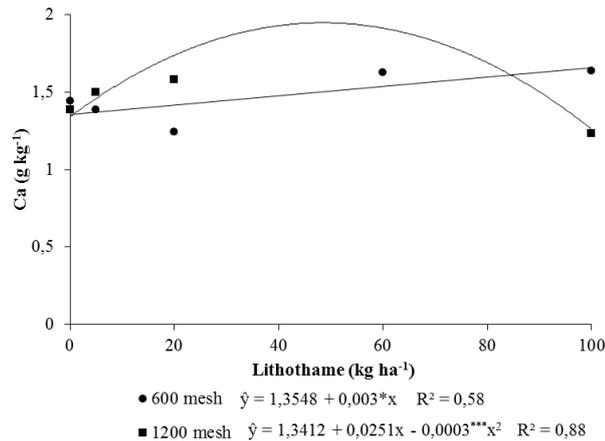
**Figura 12** - Teor médio (n = 24) de K na casca de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.

Já Meurer (2008) enfatiza a concentração elevada de K no floema e relata que os órgãos das plantas, preferencialmente supridos pelo floema, são as folhas novas, os tecidos meristemáticos e os frutos frescos, os quais apresentam alta concentração desse nutriente. Dessa forma, a redistribuição do K dos tecidos foliares para os frutos é uma resposta comum apresentada para esse nutriente.

Os teores de Ca na casca (Figura 13) apresentaram resposta linear crescente para a granulometria de 600 mesh, sendo estimado aumento de  $0,003 \text{ g kg}^{-1}$  de Ca por unidade de Lithothame, de modo que, entre a dose de 0 e  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de Lithothame, houve um aumento de 18,22% nos teores de Ca. Contudo, analisando a dispersão das médias obtidas, nota-se acréscimo nos teores de Ca apenas a partir da dose de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de Lithothame; resposta semelhante foi registrada para esse nutriente na folha (Figura 9).

O incremento no teor de Ca pode ser atribuído ao maior tamanho das partículas na granulometria de 600 mesh, promovendo uma liberação gradativa do Ca, e, assim, proporcionando fornecimento desse nutriente por mais tempo às plantas. Como o Ca é absorvido por fluxo de massa e apresenta pouca mobilidade na planta, pode justificar o uso de Lithothame em partículas maiores para o suprimento constante de Ca a planta (Figura 9).

Por outro lado, a granulometria de 1200 mesh promoveu uma resposta quadrática aos teores de Ca, apresentando teor máximo de  $1,84 \text{ g kg}^{-1}$  de Ca na dose de  $41,83 \text{ kg ha}^{-1}$ . A partir dessa dose, não houve mais incremento na absorção do Ca (Figura 13). Pode ser que as doses elevadas na granulometria de 1200 mesh tenham ocasionado uma maior mobilidade do Ca abaixo da zona de absorção de nutriente, devido a uma maior saturação de Ca promovida pela adição de Lithothame nessa granulometria.



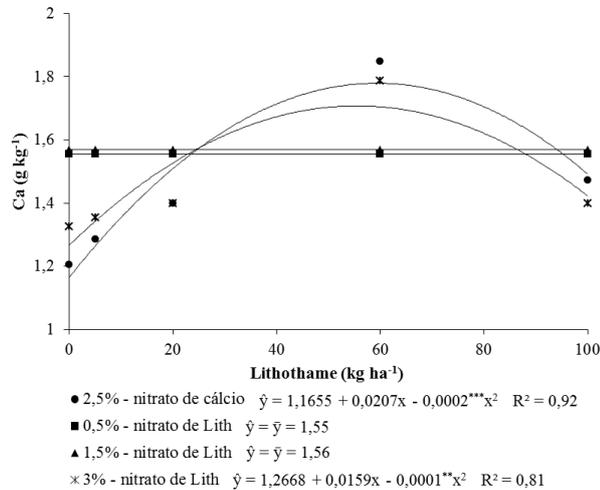
**Figura 13** - Teor médio (n = 12) de Ca na casca de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.

Embora a granulometria de 600 mesh tenha fornecido o Ca de forma mais constante com o aumento das doses do Lithothame, a granulometria de 1200 mesh proporcionou à manga ‘Palmer’ maior teor de Ca ( $1,84 \text{ g kg}^{-1}$ ) na casca dos frutos com menor adição de Lithothame ao solo (Figura 13). A granulometria das partículas é uma característica que influencia na superfície específica, e, portanto, na área de contato ou de reação. Assim, é esperado que a adição do Lithothame na granulometria mais fina apresente maior reatividade quando comparado a granulometria mais grosseira. Por outro lado, a velocidade de reação e o efeito residual são duas grandezas inversas, os materiais finamente moídos reagem rapidamente no solo, mas seu efeito é mantido no solo por um período mais curto do que materiais mais grosseiros (Souza *et al.*, 2007).

Evangelista *et al.* (2015) observaram efeito depressivo no desenvolvimento de plantas tratadas com doses elevadas de *Lithothamnium* spp., resposta atribuída ao fato de ser um fertilizante rico em carbonato de cálcio, formando quelatos e, por isso, apresenta reação relativamente rápida no solo. Desse modo, aplicado em solos com saturação de bases elevada, pode promover aumento do pH, inibindo a absorção de nutrientes pelas plantas. De forma similar, Teixeira *et al.* (2009) e Souza *et al.* (2007), ao avaliarem o efeito da aplicação de doses de *Lithothamnium* e tipos de substrato sobre a produção de mamoeiro ‘Formosa’ e maracujazeiro doce, constataram que a aplicação de altas doses do fertilizante promoveram redução no crescimento das mudas.

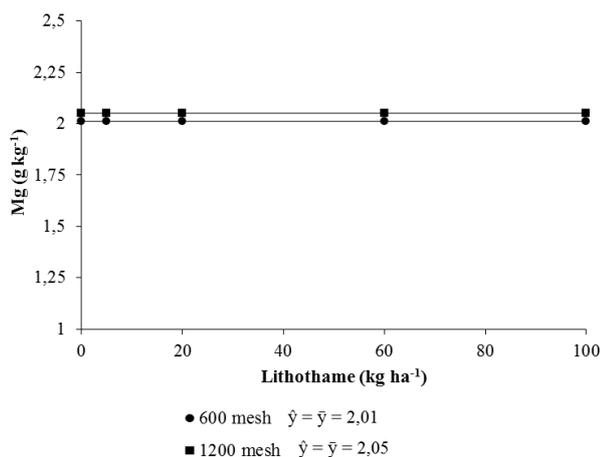
Na Figura 14, observa-se que os tratamentos com 0,5% e 1,5% de nitrato de Lith combinados as doses de Lithothame ao solo não influenciaram os teores de Ca na casca dos frutos de manga, apresentando teores médios de  $1,55 \text{ g kg}^{-1}$  e  $1,56 \text{ g kg}^{-1}$  de Ca, respectivamente. Os tratamentos com 3% de nitrato de Lith e 2,5% do nitrato de cálcio

proporcionaram ajuste quadrático aos teores de Ca, promovendo incrementos nesse nutriente. O ponto de máxima em 3% de nitrato de Lith foi de 79,5 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame com 1,89 g kg<sup>-1</sup> de Ca; e, em 2,5% do nitrato de cálcio, a maior dose estimada de Lithothame foi de 51,75 kg ha<sup>-1</sup> com 1,70 g kg<sup>-1</sup> de Ca.



**Figura 14** - Teor médio (n = 6) de Ca na casca de frutos de plantas de manga 'Palmer' em função das doses de Lithothame aplicado em um Argissolo Amarelo e tratamentos com Nitrato via foliar.

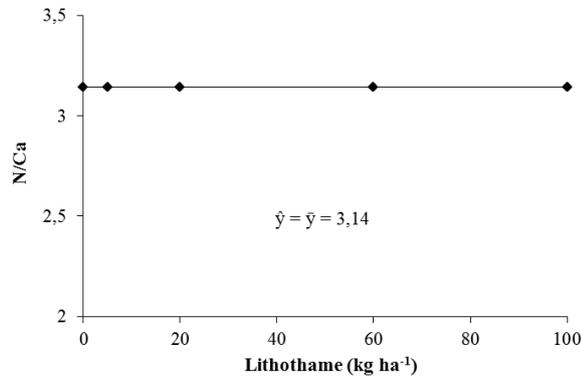
Com base no teste F, verificou-se efeito da interação dose de Lithothame aplicado via solo *versus* granulometria sobre os teores de Mg (Tabela 14) na casca dos frutos, mas as equações de regressão testadas não explicaram esse efeito, de modo que os teores médios de Mg foram 2,01 g kg<sup>-1</sup> e 2,05 g kg<sup>-1</sup> para a granulometria de 600 mesh e 1200 mesh, respectivamente (Figura 15), não tendo sido registradas relações entre o teor de Mg e as doses de Lithothame aplicadas.



**Figura 15** - Teor médio (n = 12) de Mg na casca de frutos de plantas de manga 'Palmer' em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.

O aumento das doses de Lithothame aplicadas no solo influenciou a relação N/Ca, conforme observado na Tabela 14. Entretanto, a variabilidade dos dados não se ajustou aos

modelos estatísticos testados (Figura 16), não explicando adequadamente a relação N/Ca na casca de frutos de manga nas condições em que o experimento foi instalado. O valor médio da relação N/Ca foi de 3,14. Assis *et al.* (2004) registraram na casca de manga ‘Tommy Atkins’ sem sintomas de colapso interno relação N/Ca de 3,32, enquanto nas que apresentavam sintoma de colapso interno a relação N/Ca foi de 4,96.

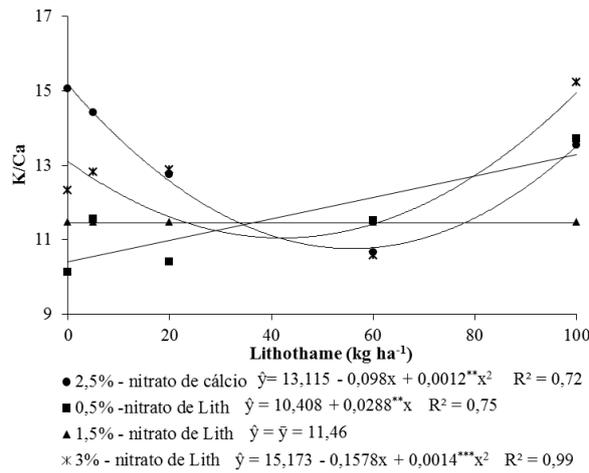


**Figura 16** - Relação N/Ca (n = 24) na casca de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.

O K compete com vários cátions pelos sítios de absorção na membrana plasmática, principalmente com  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  de modo que a diminuição na disponibilidade de determinado cátion resulta no aumento da absorção dos demais; o  $\text{K}^+$  e o  $\text{Ca}^{2+}$ , por exemplo, têm efeito antagônico (ERNANI *et al.*, 2007).

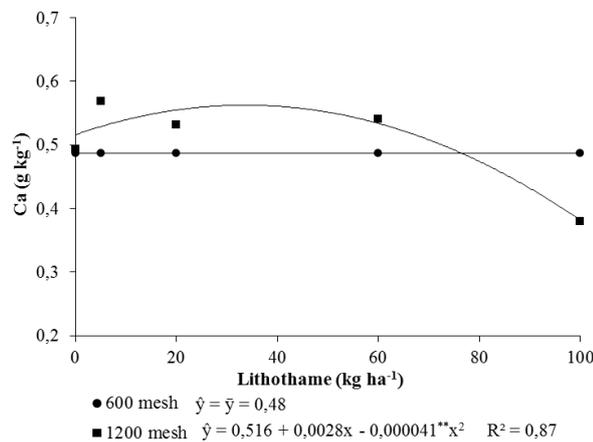
A relação K/Ca foi influenciada pela interação dose do Lithothame aplicado via solo *versus* tratamentos de nitrato, via foliar (Figura 17), notando-se ajustes quadráticos para os tratamentos foliares de 2,5% de nitrato de cálcio e 3% de nitrato de Lith. Os menores valores da relação K/Ca, 11,11 e 10,72 foram registrados nas doses estimadas de 40,83 kg ha<sup>-1</sup> e 56,35 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame aplicado ao solo, respectivamente, para os tratamentos foliares de 2,5% de nitrato de cálcio e 3% de nitrato de Lith.

A aplicação de 0,5% de nitrato de Lith apresentou resposta linear para a relação K/Ca em função das doses de Lithothame aplicadas via solo, observando-se acréscimo de 21,65% na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame em relação à dose 0. O tratamento com 1,5% de nitrato de Lith apresentou valor médio para a relação K/Ca de 11,45 (Figura 17). Casero *et al.* (2010), avaliando frutos de maçã, verificaram que as relações N/Ca, K/Ca e (K + Mg)/Ca não foram alteradas com a aplicação de tratamentos com cálcio.



**Figura 17** - Relação K/Ca (n = 6) na casca de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo e submetidas a tratamentos com Nitrato via foliar.

Os teores de Ca na polpa dos frutos em função da interação dose de Lithothame aplicado via solo *versus* granulometria do Lithothame estão apresentados na Figura 18. Verifica-se que a granulometria de 600 mesh promoveu teor médio de Ca de  $0,48 \text{ g kg}^{-1}$  de Ca, enquanto na granulometria de 1200 mesh o teor de Ca obteve resposta quadrática às doses de Lithothame, alcançando teor de Ca de  $0,56 \text{ g kg}^{-1}$  na dose máxima estimada de  $34,14 \text{ kg ha}^{-1}$  de Lithothame, indicando um resultado positivo para a qualidade pós-colheita do fruto, tendo em vista a importância do cálcio para a preservação e integridade da membrana das paredes celulares.



**Figura 18** - Teor médio (n = 12) de Ca na polpa de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.

Em relação ao teor de Ca na polpa dos frutos em função dos tratamentos foliares com nitrato, verifica-se que o tratamento com 0,5% de nitrato de Lith aumentou em 20% o teor de Ca em relação ao tratamento com 2,5% de nitrato de cálcio, enquanto os demais tratamentos não apresentaram diferença entre si (Tabela 16).

**Tabela 16** - Teor médio (n = 30) de Ca na polpa de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função dos tratamentos foliares de nitrato em um Argissolo Amarelo.

Tratamentos (nitrato)	Ca (g kg <sup>-1</sup> )
2,5% - nitrato de cálcio	0,44 b
0,5% - nitrato de Lith	0,52 a
1,5% - nitrato de Lith	0,51 ab
3% - nitrato de Lith	0,49 ab

Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Saure (2005) discorre que os baixos teores de Ca em folhas novas e frutos têm sido atribuídos ao aumento da necessidade desse nutriente nos tecidos que crescem vigorosamente, juntamente com a limitação das plantas em transportar Ca sob essas condições, resultando em uma diluição desse elemento nos tecidos das plantas.

Os resultados apresentados para os teores de Ca avaliados na folha, casca e polpa dos frutos mostram que a manga ‘Palmer’ foi responsiva à aplicação do Lithothame. Porém, nas condições em que o experimento foi realizado, estima-se que doses de Lithothame superiores a 50 kg ha<sup>-1</sup> na granulometria de 1200 mesh causaram redução na absorção de Ca, resultado que pode estar relacionado à elevada reatividade das partículas do Lithothame, diminuindo, assim, a sua disponibilidade ao longo do tempo. Embora a granulometria de 1200 mesh apresente liberação mais rápida dos nutrientes, mesmo nas doses mais baixas e nas condições experimentais do presente trabalho, essa granulometria supriu a quantidade de Ca necessária à planta.

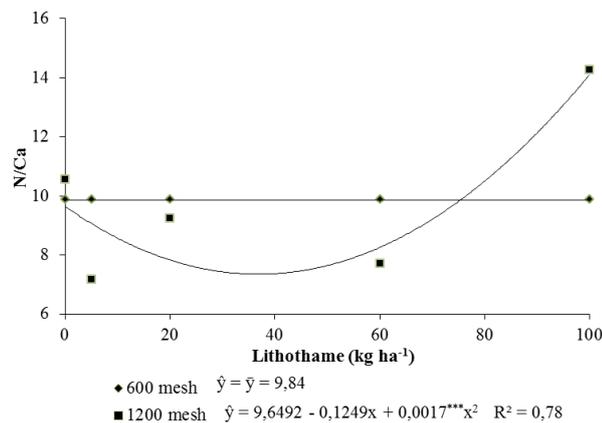
Silva e Menezes (2001) inferem que pulverizações foliares e dirigidas para os frutos com CaCl<sub>2</sub> nas concentrações de 1 e 2% não resultaram em incremento desse nutriente nos frutos. Provavelmente, tais concentrações foram insuficientes para que houvesse manifestação do efeito do cálcio, podendo, ainda, esse fato ser atribuído à metodologia de aplicação, não sendo satisfatória a absorção do produto pelos frutos, ou, ainda, à pouca mobilidade desse nutriente nos tecidos vegetais. Esse resultado diverge dos encontrados nesta pesquisa, indicando, possivelmente, que o cálcio aplicado por meio das formulações contendo algas calcárias (Lithothame e nitrato de Lith) apresentou uma maior mobilidade no floema, refletindo aumento no teor de cálcio na casca e polpa dos frutos (Figuras 13, 14 e 18 e Tabela 16).

Devido à mobilidade restrita de Ca no floema, os níveis desse elemento nos diferentes órgãos da planta estão diretamente relacionados ao fluxo transpiratório via xilema. Assim, os sintomas de deficiência de Ca aparecem inicialmente em órgãos e tecidos que transpiram pouco, como regiões meristemáticas, folhas novas e frutos em desenvolvimento, tornando-os mais susceptíveis a perturbações fisiológicas.

Consequentemente, maior quantidade de Ca é alocada em órgãos que transpiram intensamente (folhas maduras) (WHITE e BROADLEY, 2003; MARENCO e LOPES, 2013).

Em relação ao fruto, verifica-se maior concentração de Ca na casca, pois as células da polpa apresentam vacúolos maiores, organelas de reservas e grandes porções citoplasmáticas, onde se encontra apenas o cálcio ligado a enzimas, o que é mais compatível com as funções citoplasmáticas; já na casca, os tecidos são mais de proteção, contendo células menores e, proporcionalmente, maior quantidade de parede celular, constituída por fibras celulósicas ricas em pectatos de cálcio e magnésio (GUNJATE *et al.*, 1979 apud ASSIS *et al.* 2004).

A relação N/Ca na polpa dos frutos foi influenciada pelas doses de Lithothame aplicadas no solo e granulometria (Figura 19), observando que, na granulometria de 1200 mesh, houve concordância com os teores de Ca apresentados na Figura 18, apresentando ajuste quadrático, de modo que, à medida que reduziu o teor de Ca na polpa, houve um aumento nos teores de N. O aumento nos teores de N em relação ao Ca na granulometria de 1200 mesh foi registrado a partir da dose de 37 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame, havendo entre a dose de 5 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame aumento de 37,51% na relação N/Ca. Por outro lado, na granulometria de 600 mesh, não houve ajuste das equações de regressão, apresentando valor médio de 9,84. O nitrogênio, em teores elevados no solo, diminui a absorção do cálcio, provocando redução dos teores desse elemento no fruto.



**Figura 19** - Relação N/Ca na polpa (n = 12) de frutos de plantas de manga ‘Palmer’ em função das doses e granulometrias de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo.

Os teores da relação N/Ca na polpa foram inferiores aos obtidos por Assis *et al.* (2004) na polpa de frutos da variedade Tommy Atkins sem e com sintomas de distúrbio fisiológico, que foram de 17,13 e 31,00 respectivamente. Esses autores enfatizam que as relações N/Ca e K/Ca são fatores importantes para a estabilidade das células da polpa dos

frutos da mangueira. Desse modo, aventa-se a hipótese de que os valores da relação N/Ca na polpa dos frutos da manga ‘Palmer’ (Figura 19) estão numa faixa adequada, visto que não houve incidência de desordens fisiológicas nos frutos avaliados.

#### 4.5 Produção de plantas de manga ‘Palmer’

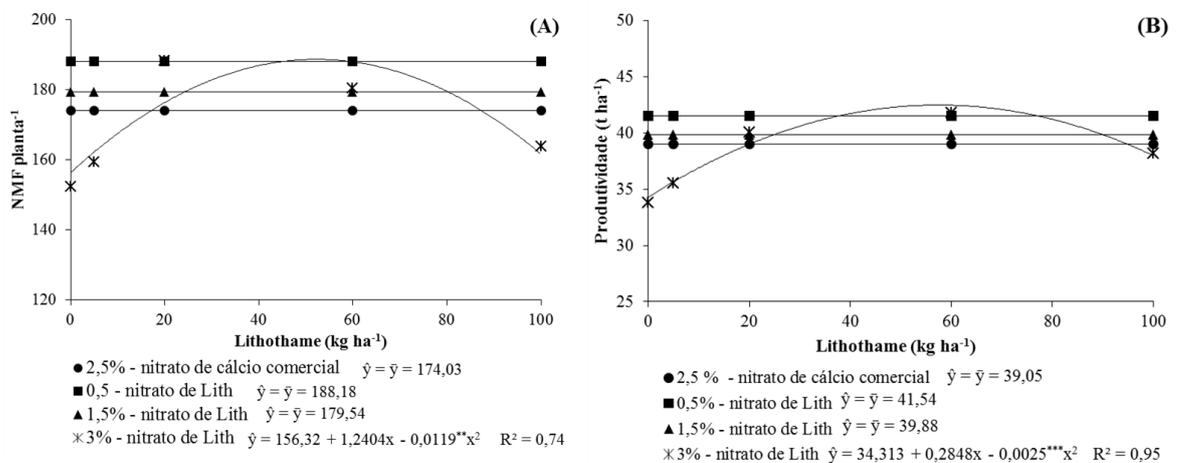
Verifica-se efeito dos tratamentos com nitrato aplicado via folha e suas interações com dose de Lithothame aplicado via solo e granulometria do Lithothame aplicado via solo sobre as variáveis número médio de frutos por planta (NMF) ( $p < 0,01$ ) e produtividade total ( $p < 0,01$  e  $0,05$ ) (Tabela 17). A interação dose de Lithothame aplicado via solo *versus* granulometria *versus* tratamentos com nitrato aplicado via folha exerceu efeito sobre a produtividade total ( $p < 0,10$ ) (Tabela 17). A variável massa média dos frutos (MMF) não foi influenciada pelas fontes de variações (Tabela 17), apresentando valor médio 539,40 g, resultado semelhante ao apresentado por Silva *et al.* (2012), que registraram massa média de frutos para manga ‘Palmer’ de 562,40 g.

**Tabela 17** - Resumo da análise de variância para número médio de frutos (NMF), massa média de frutos (MMF) e produtividade total (prod) em plantas de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, combinadas com tratamentos de nitrato (N folha), via foliar.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		NMF	MMF	Prod
Bloco	2	***	***	**
L solo	4	ns	ns	ns
Res <sub>(1)</sub>	8			
Gran	1	ns	ns	ns
L solo x Gran	4	ns	ns	ns
Res <sub>(2)</sub>	10			
N folha	3	***	ns	***
L solo x N folha	12	***	ns	***
Gran x N folha	3	***	ns	**
L solo x Gran x N folha	12	ns	ns	*
Res <sub>(3)</sub>	60			
CV <sub>1</sub> (%)	-	21,11	11,65	13,89
CV <sub>2</sub> (%)	-	17,96	7,32	15,92
CV <sub>3</sub> (%)	-	9,91	5,39	10,09

FV - fonte de variação; GL - graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*\*\*, \*\*, \*, ns - significativo a  $p < 0,01$ ,  $0,05$  e  $0,10$ , e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Na Figura 20A e B, verifica-se a resposta das variáveis NMF planta<sup>-1</sup> e produtividade total às doses de Lithothame e tratamentos com nitrato. A aplicação foliar de 3% de nitrato de Lith proporcionou ajuste quadrático em função das doses de Lithothame aplicadas no solo, obtendo NMF planta<sup>-1</sup> de 189 e produtividade total de 43,05 t ha<sup>-1</sup> nas doses máximas estimadas de 52,11 kg ha<sup>-1</sup> e 46,65 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Para os demais tratamentos com nitrato, não houve ajuste dos dados, porém observa-se que a aplicação foliar de 0,5% de nitrato de Lith proporcionou, dentro das condições experimentais, e, independente da aplicação de Lithothame ao solo, maior NMF planta<sup>-1</sup> (189) e produtividade total (41,59 t ha<sup>-1</sup>).



**Figura 20** - Número médio de frutos por planta (NMF) (A) e produtividade total (B) (n = 6) de frutos de manga Palmer' em função de doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo e tratamentos com Nitrato via foliar.

Os resultados expressos na Tabela 18 corroboram os apresentados na Figura 20, verificando que as plantas submetidas ao tratamento com 0,5% de nitrato de Lith apresentaram maior NMF planta<sup>-1</sup> e produtividade total, contudo, diferindo apenas do tratamento com 3% de nitrato de Lith na granulometria de 600 mesh para ambas as variáveis. Na granulometria de 1200 mesh, o menor NMF planta<sup>-1</sup> e produtividade total foram obtidos no tratamento com 2,5% de nitrato de cálcio, diferindo apenas do tratamento com 0,5% de nitrato de Lith. A maior produtividade obtida com o tratamento de 0,5% de nitrato de Lith pode ser atribuída a presença de reguladores de crescimento na composição dessas algas (Rathore *et al.*, 1999).

**Tabela 18** - Número médio de frutos por planta (NMF planta<sup>-1</sup>) e produtividade total (t ha<sup>-1</sup>) (n = 15) de manga ‘Palmer’ em função da granulometria do Lithothame aplicada via solo e tratamentos com nitrato aplicados via foliar.

Tratamentos (nitrato)	NMF planta <sup>-1</sup>		Produtividade total (t ha <sup>-1</sup> )	
	Gran. do Lithothame		Gran. do Lithothame	
	600 mesh	1200 mesh	600 mesh	1200 mesh
2,5% - nitrato de cálcio	183,47 Aa	164,59 Bb	40,79 Aa	37,30 Bb
0,5% - nitrato de Lith	184,20 Aa	192,16 Aa	40,97 Aa	42,12 Aa
1,5% - nitrato de Lith	183,33 Aa	175,73 Aab	40,53 Aa	39,24 Aab
3% - nitrato de Lith	164,03 Ab	173,80 Ab	36,55 Ab	39,23 Aab

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

As algas calcárias são caracterizadas pela presença elevada de cálcio. Esse elemento é importante na fase de floração, tanto pela transdução de sinais entre o ambiente e plantas, quanto pelo processo de divisão celular induzida por citocinina (DECHEN e NACHTIGALL, 2007; TAIZ e ZEIGER, 2013). Devido o cálcio ser constituinte da parede celular do tubo polínico (HEPLER, 2005), a sua absorção na fase de floração pode ser determinante para um bom pegamento de frutos, influenciando na produção.

De acordo com Moreira *et al.* (2012), a aplicação de granulado bioclástico, constituído por algas calcárias, até a dose de 0,8 kg por planta, associada ao raleio químico em plantas de tangerinas, favoreceu aumento da produção com frutos, apresentando melhor qualidade. Já Silva (2010) registrou aumento linear no número de frutos de goiaba ‘Pedro Sato’ em função de doses crescentes de granulado bioclástico (0, 450, 900 e 1800 g planta<sup>-1</sup>), tipo *Lithothamnium* spp., refletindo positivamente na produtividade das plantas.

Evangelista *et al.* (2013), avaliando as formas de aplicação do fertilizante Alfertil<sup>®</sup>, constituído de algas calcárias, em plantas de café, verificaram que as médias de produtividade das plantas adubadas com o fertilizante aplicado diretamente no solo e via foliar foram consideradas estatisticamente iguais, alcançando uma produtividade de 42,80 e 46,88 sacos de café por hectare, respectivamente, enquanto a produtividade das plantas que não receberam a adubação foi de 36,84 sacos ha<sup>-1</sup>.

#### 4.6 Avaliação da qualidade pós-colheita em frutos de manga ‘Palmer’

Verificou-se efeito significativo dos fatores: dose de Lithothame aplicado via solo, para percentual de perda de massa (%PM) (p<0,10); granulometria do Lithothame aplicado via solo, para acidez total titulável (ATT) e relação sólidos solúveis/acidez total titulável (SS/ATT) (p<0,05); tratamentos com nitrato via foliar, para ATT (p<0,10); e tempo de armazenamento dos frutos, para todas as variáveis analisadas (p<0,01) (Tabela

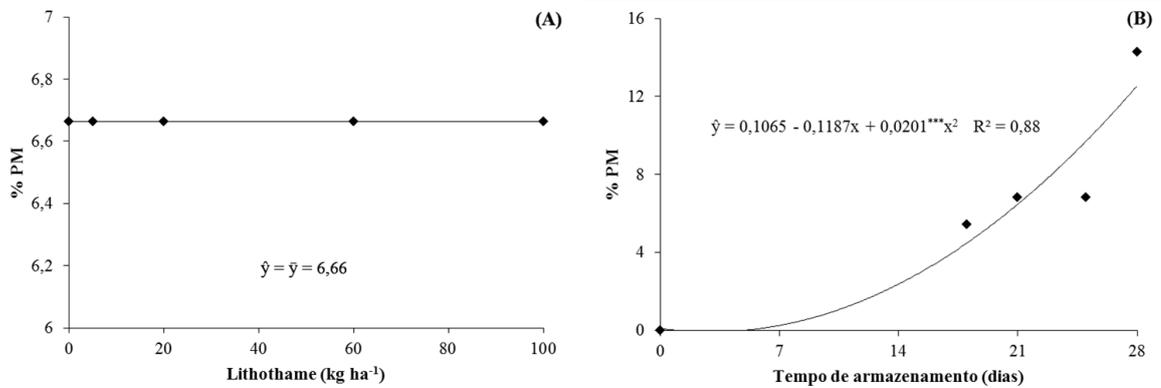
19). As interações dose de Lithothame aplicado via solo *versus* tratamentos com nitrato via foliar e dose de Lithothame aplicado via solo *versus* tempo de armazenamento dos frutos exerceram efeito significativo para SS ( $p < 0,05$  e  $p < 0,10$ ), ATT ( $p < 0,05$ ), SS ( $p < 0,01$ ) e pH ( $p < 0,01$  e  $p < 0,10$ ) (Tabela 19). A firmeza foi influenciada ( $p < 0,10$  e  $p < 0,05$ ) pelas interações dose de Lithothame aplicado via solo *versus* tempo de armazenamento dos frutos e granulometria do Lithothame aplicado via solo *versus* Tempo de armazenamento dos frutos (Tabela 19).

**Tabela 19** - Resumo da análise de variância para percentual de perda de massa (%PM), firmeza sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (ATT), relação SS/ATT e pH em frutos de manga ‘Palmer’ em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (gran), via solo, combinadas com tratamentos de nitrato (N folha), via foliar, avaliados no decorrer do tempo de armazenamento dos frutos (Temp).

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		% PM	Firmeza	SS	ATT	SS/ATT	pH
Bloco	2	ns	***	***	***	***	***
L solo	4	*	ns	ns	ns	ns	ns
Res <sub>(1)</sub>	8						
Gran	1	ns	ns	ns	**	**	ns
L solo x Gran	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Res <sub>(2)</sub>	10						
N folha	3	ns	ns	ns	*	ns	ns
L solo x N folha	12	ns	ns	**	**	***	***
Gran x N folha	3	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L solox Gran x N folha	12	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Res <sub>(3)</sub>	60						
Temp	4	***	***	***	***	***	***
L solo x Temp	16	ns	*	*	**	***	*
Gran x Temp	4	ns	**	ns	ns	ns	ns
N folha x Temp	12	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L solo x Gran x Temp	16	***	ns	ns	ns	ns	ns
L solo x N folha x Temp	48	ns	ns	***	ns	ns	ns
Gran x N folha x Temp	12	ns	***	ns	ns	ns	ns
L solo x Gran x N folha x Temp	48	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Res <sub>(4)</sub>	320						
CV <sub>1</sub> (%)	-	23,18	20,38	13,82	21,98	37,01	7,37
CV <sub>2</sub> (%)	-	34,47	23,61	15,34	14,08	26,24	4,49
CV <sub>3</sub> (%)	-	27,10	19,42	9,39	16,61	22,82	3,39
CV <sub>4</sub> (%)	-	21,66	16,73	6,82	16,82	25,63	4,89

FV - fonte de variação; GL - graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*\*\*, \*\*, \*, ns - significativo a  $p < 0,01$ ,  $0,05$  e  $0,10$ , e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

O %PM, em função das doses de Lithothame, apresentou valor médio de 6,66% (Figura 21A), enquanto em função do tempo de armazenamento, houve ajuste quadrático, com %PM de 12,54% aos 28 dias de armazenamento (Figura 21B).



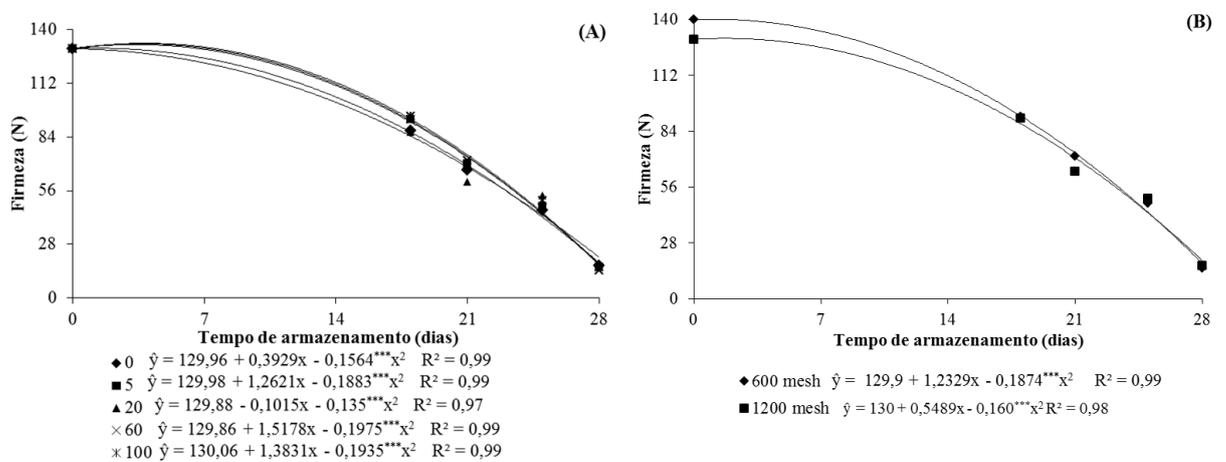
**Figura 21** - Percentual de perda de massa (%PM) de frutos de manga ‘Palmer’ em função de doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo (A); e em função do tempo de armazenamento (B) (n = 24).

Danner *et al.* (2009) obtiveram redução da perda de peso em uvas tratadas com fontes de cálcio em relação à testemunha após cinco dias sob condições de prateleira, o que pode ser associado ao papel desse nutriente na rigidez da parede celular, reduzindo a perda de água dos frutos. Vieites *et al.* (2014) observaram que frutas de maçãs ‘Eva’ orgânicas imersas em CaCl<sub>2</sub>, obtiveram menor perda de massa fresca quando comparada às que foram imersas em água (controle), o que sugere a absorção de cálcio como aspecto positivo na conservação das frutas. Hernández-Muñoz *et al.* (2006) relataram redução na perda de peso de frutos de morango tratados com glucanato de Ca<sup>2+</sup> em pós-colheita e armazenados a 20°C por quatro dias.

A firmeza da polpa foi influenciada em função da interação dose de Lithothame aplicado via solo *versus* tempo de armazenamento dos frutos e granulometria do Lithothame aplicado via solo *versus* Tempo de armazenamento dos frutos, respostas essas que podem ser estimadas pelo modelo quadrático (Figura 22A e B).

Na Figura 22A, observa-se, que aos 28 dias de armazenamento, o tratamento que proporcionou maior firmeza (21,19 N), foi o de 20 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame, enquanto o menor valor, 17,08 N, foi para o tratamento com 100 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame, sendo a firmeza dos frutos influenciada pela concentração de cálcio, esse resultado está de acordo com o menor teor de Ca obtido nas doses mais elevadas de Lithothame (Figura 18). Os frutos tratados com Lithothame na granulometria de 600 mesh foram levemente mais firmes até o 24º dia após a colheita, indicando que o processo de amadurecimento foi mais

acentuado nos frutos das plantas submetidas à aplicação de Lithothame na granulometria de 1200 mesh (Figura 22B).



**Figura 22** - Firmeza de frutos de manga ‘Palmer’ em função do tempo de armazenamento e doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo (A) (n = 24); e em função do tempo de armazenamento e granulometria do Lithothame aplicado via solo (B) (n = 60).

A perda progressiva da firmeza ocorre como consequência do amadurecimento normal dos frutos e trata-se de um processo complexo, que envolve diferentes mecanismos, como: perda do turgor celular, redução no tamanho e distribuição dos polímeros das paredes celulares, ação de enzimas hidrolíticas e outros mecanismos não enzimáticos (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Pinto *et al.* (2008) registraram em frutos de mangueira ‘Tommy Atkins’, provenientes de cultivo orgânico, valores de firmeza da ordem de  $11,57 \text{ kgf cm}^{-2}$ , sendo reduzida significativamente aos 18 dias após a colheita, assumindo valor de  $4,17$ , e caindo a zero aos 32 dias após a colheita.

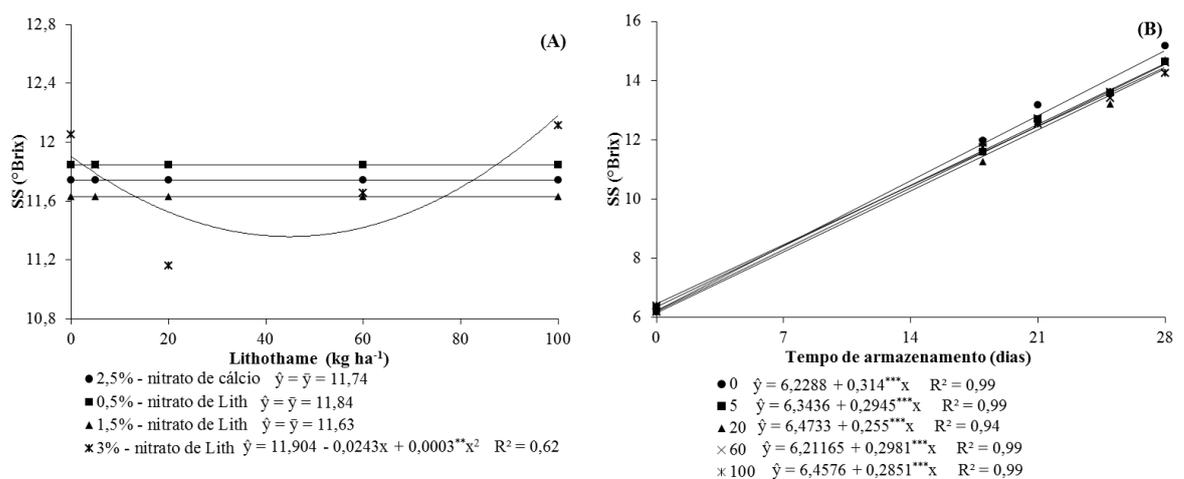
Gomezcaña *et al.* (2006) não observaram diferença estatística com a aplicação de Ca sobre a firmeza da manga ‘Haden’; porém, durante a maturação, a perda de firmeza foi mais acentuada no tratamento controle em relação aos tratamentos com  $15$  e  $20 \text{ g L}^{-1}$  com nitrato de cálcio. Cardenas *et al.* (2001) mostraram que a fertilização da manga ‘Haden’ com sulfato de cálcio ajudou a manter a consistência da polpa nos primeiros sete dias após a colheita. Romero *et al.* (2006) também obtiveram frutos de manga ‘Haden’ mais firmes quando submetidos à aplicação de cálcio. Em frutos de melão, Pereira *et al.* (2002) verificaram aumento linear da firmeza do fruto em relação as doses de cálcio aplicadas nas formas de  $\text{CaCl}_2$  e Ca-quelatizado, provavelmente, devido ao aumento dos íons de cálcio ligados à pectina presente na parede celular.

Politi *et al.* (2012) atribuem o aumento da firmeza dos frutos com o incremento das doses de calcário possivelmente ao fato de o calcário ser fornecedor de cálcio,

elemento que promove a formação das paredes celulares, lamelas médias bem definidas e estruturadas em frutos, contribuindo com a organização subcelular dos mesmos.

Em relação ao teor de sólidos solúveis, verifica-se que os tratamentos com 2,5% de nitrato de cálcio, 0,5% e 1,5% de nitrato de Lith combinados ao Lithothame, aplicado via solo, obtiveram teores médios de SS de 11,74, 11,84 e 11,63 °Brix, respectivamente (Figura 23A). Enquanto, no tratamento com 3% de nitrato de Lith, houve tendência de decréscimo entre a dose 0 (referente à aplicação de gesso agrícola) e à de 40,5 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame (Figura 23A). Essa resposta corrobora o maior número de frutos e produtividade registrados nesse intervalo de doses de Lithothame (Figura 20), havendo, possivelmente, uma diluição do teor de sólidos solúveis. A partir da dose de 40,5 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame nota-se acréscimo no teor de SS, alcançando em 100 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame teor de SS de 12,57 °Brix, representando uma diferença de 0,57 °Brix para a dose 0 de Lithothame (Figura 23A).

Ao final do período de armazenamento, observou-se que o tratamento com 0 de Lithothame proporcionou maior teor de SS (15,02 °Brix), seguido pelos tratamentos com 5, 60, 100 e 20 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame, que apresentaram 14,58, 14,55, 14,44 e 13,61° Brix, respectivamente (Figura 23B). O aumento no teor de SS em função do tempo de armazenamento constitui uma resposta comum aos frutos de manga, pois se trata de uma fruta climatérica e, com isso, ocorrem modificações consideráveis nos teores de açúcares, aumentando-os após a colheita e durante o armazenamento. Esse aumento é resultante da hidrólise do amido em açúcares mais simples, tais como glucose e frutose (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

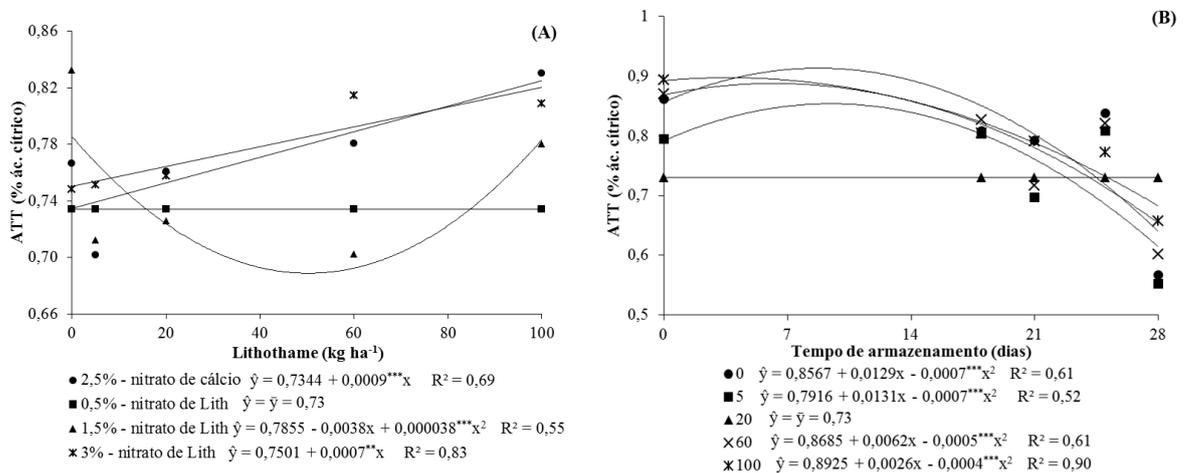


**Figura 23** - Teor de sólidos solúveis (SS) de frutos de manga ‘Palmer’ em função de doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo e tratamentos com nitrato via foliar (A) (n = 6); e em função do tempo de armazenamento e doses de Lithothame aplicadas via solo (B) (n = 24).

Os teores de SS registrados nesta pesquisa corroboram os apresentados por Manica (2001), que obteve em manga ‘Palmer’ madura teores, variando de 13,5 a 17,49 °Brix e por Silva *et al.* (2002), que registraram teor de SS de 15,6 °Brix. Carvalho *et al.* (2004) obtiveram em frutos colhidos maduros teor médio de SS de 20,37 °Brix.

Quanto à ATT, observa-se que as maiores concentrações de nitrato (2,5% de nitrato de cálcio e 3% de nitrato de Lith) exerceram efeito linear crescente em função do aumento do Lithothame aplicado ao solo, indicando que esses tratamentos podem retardar a maturação dos frutos. Enquanto, com 1,5% de nitrato de Lith, houve um decréscimo entre a dose 0 e 50 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame, com posterior acréscimo até a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame. Com 0,5% de nitrato de Lith registrou-se média de ATT de 0,74% de ácido cítrico (Figura 24A).

Conforme se observa na Figura 24B, a ATT, em função da oxidação dos ácidos orgânicos decorrente da respiração dos frutos e da conversão desses ácidos em açúcares, decresceu com o avanço do amadurecimento dos frutos (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Com exceção da dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame, com ATT média de 0,73% de ácido cítrico, verifica-se ajuste quadrático para a ATT em função do tempo de armazenamento e Lithothame aplicado via solo (Figura 24B), sendo que a aplicação de 5 kg ha<sup>-1</sup> favoreceu a produção de frutos com menor ATT, obtendo, ao final do período de armazenamento, valor de ATT de 0,60% de ácido cítrico.

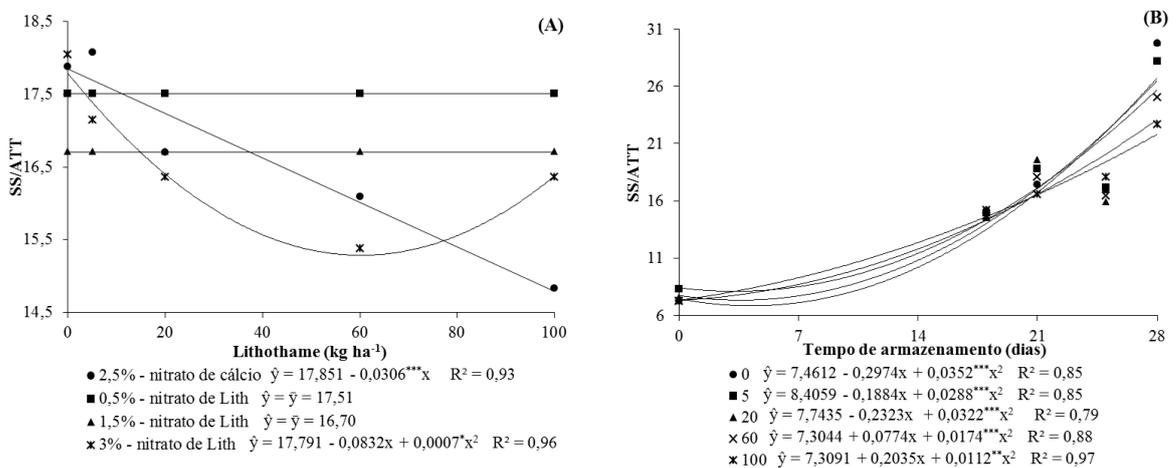


**Figura 24** - Acidez total titulável (ATT) de frutos de manga ‘Palmer’ em função de doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo e tratamentos com nitrato via foliar (A) (n = 6); e em função do tempo de armazenamento e doses de Lithothame aplicadas via solo (B) (n = 24).

A relação SS/ATT (Figura 25) é uma das formas mais utilizadas para a avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou acidez. Dessa forma, é interessante que os teores de ácidos orgânicos estejam baixos para que a relação

SS/ATT alcance valores que indiquem uma boa palatabilidade do fruto (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A relação SS/ATT não variou com os tratamentos com 0,5 e 1,5% de nitrato de Lith cujas médias de 17,51 e 16,70, respectivamente, indicam ausência de alterações no sabor dos frutos (Figura 25A). De forma contrária, nos tratamentos com 2,5 % de nitrato de cálcio e 3% de nitrato de Lith, verificou-se uma resposta decrescente da relação SS/ATT com as doses de Lithothame, com ajuste linear e quadrático (Figura 25A), sendo possível inferir que esses tratamentos influenciaram negativamente no sabor dos frutos de manga ‘Palmer’, reduzindo a proporção de SS em relação a ATT. A relação SS/ATT confere aos frutos o equilíbrio entre o doce e o ácido, sendo que quanto maior for essa relação melhor o sabor dos frutos.



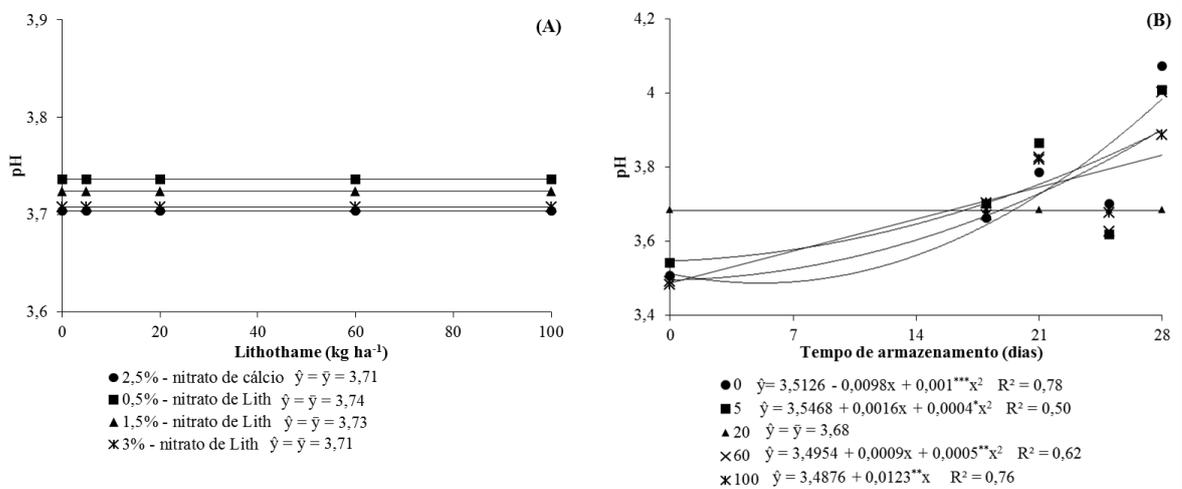
**Figura 25** - Relação sólidos solúveis e acidez total titulável (SS/ATT) de frutos de manga ‘Palmer’ em função de doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo e tratamentos com nitrato via foliar (A) (n = 6); e em função do tempo de armazenamento e doses de Lithothame aplicadas via solo (B) (n = 24).

Devido ao aumento no teor de SS e redução da ATT em função do tempo de armazenamento (Figuras 23B e 24B), observou-se aumento dos valores da relação SS/ATT, com ajuste quadrático, em função do tempo de armazenamento e dose de Lithothame aplicado via solo (Figura 25B), sendo que, aos 28 dias de armazenamento, a maior relação de SS/ATT foi para o tratamento com 0 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame, seguido em ordem decrescente pelas doses de 20, 5, 60 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame. Moreira *et al.* (2011b) registraram em frutas de pitáia, tratadas com granulado bioclástico associado à matéria orgânica, aumento nos teores de SS e na relação SS/ATT.

Na Figura 26A, têm-se os valores médios de pH em função das doses de Lithothame aplicadas via solo e tratamentos foliares com nitrato. Maior valor médio de pH,

3,74, foi registrado para o tratamento com 0,5% de nitrato de Lith, verificando-se uma diferença de 0,01 para 1,5% de nitrato de Lith, e, 0,03 para 2,5% de nitrato de cálcio e 3% de nitrato de Lith.

Analisando-se o pH em função do tempo de armazenamento e doses de Lithothame aplicadas via solo (Figura 26B), verifica-se que o tratamento 0 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame proporcionou ao final do período de armazenamento maior valor de pH, 4,26, seguido pelos tratamentos com 60, 5 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de Lith, enquanto o tratamento com 20 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame apresentou pH médio de 3,68. Apesar disso, observa-se em função dos tratamentos recebidos, que houve pouca variação nos valores de pH.



**Figura 26** - Valores de pH de frutos de manga ‘Palmer’ em função de doses de Lithothame aplicadas em um Argissolo Amarelo e tratamentos com nitrato via foliar (A) (n = 6); e em função do tempo de armazenamento e doses de Lithothame aplicadas via solo (B) (n = 24).

De acordo com Moreira *et al.* (2014), a aplicação de granulado bioclástico, constituído por algas calcárias, favoreceu a assimilação de nutrientes, resultando em maior acúmulo de SS em plantas de tangerina, avaliadas no segundo ciclo de produção e redução da ATT, em decorrência do aumento do tamanho das tangerinas, pois frutos maiores apresentavam estágio de maturação mais avançado, devido à utilização de ácidos orgânicos, principalmente o ácido cítrico, como substrato na respiração ou na transformação em açúcares.

A avaliação da qualidade pós-colheita de plantas frutíferas submetidas à aplicação de algas calcárias são escassas, limitando a comparação dos resultados com os encontrados por outros autores. Assim, diante da demanda pelo uso agrícola das algas calcárias e da complexidade dos fatores que interferem na produção de uma cultura, há uma necessidade

de estudos em espécies frutíferas cultivadas em diferentes condições edafoclimáticas, a fim de se obterem resultados mais consistentes.

Entretanto, mediante a importância dos nutrientes, especificamente do cálcio, na qualidade pós-colheita dos frutos, trabalhos têm sido desenvolvidos com o propósito de avaliar o efeito de diferentes fontes e formas de aplicação desse elemento em variáveis de pós-colheita.

Gomezcana *et al.* (2006) registraram diferença no teor de SS de frutos de manga ‘Haden’ submetidos à aplicação de nitrato de cálcio, inferindo que os frutos das plantas que receberam cálcio apresentaram retardo no processo de maturação, porém sem afetar a qualidade dos mesmos, permitindo-lhes alcançar teor de SS dentro dos valores estabelecidos pela norma mexicana de qualidade, bem como notaram aumento no teor de ácido málico em relação ao controle, sugerindo diminuição no metabolismo desse ácido, relacionado com a respiração das frutas durante as fases iniciais do processo de maturação.

Avaliando diferentes concentrações de cloreto de cálcio, Hojo *et al.* (2009) obtiveram menor teor de SS nos tratamentos com concentrações mais elevadas (5,0 e 6,5%), associando esse resultado a possível influência do cálcio, nessas concentrações, na manutenção da estrutura das paredes celulares, evitando, assim, a perda de água e, conseqüentemente, a concentração de SS. Em relação à ATT, SS/ATT e pH não verificaram associação entre as concentrações de cloreto de cálcio.

Por outro lado, Danner *et al.* (2009) inferem que o cálcio parece não ser responsável pela mudança expressiva no teor de SS e ATT em uva ‘Vênus’. Corroborando essa afirmação, Casero *et al.* (2010) colocam que o tratamento de cálcio não teve qualquer efeito sobre o ácido málico ou o conteúdo de sólidos solúveis em plantas de maçã. Brackmann *et al.* (2010) mostraram que os teores de SS apresentaram leve tendência de aumento em função do número de aplicações de  $\text{CaCl}_2$ , enquanto, para a ATT, não houve variação.

Golbabapour e Jafarpour (2014) colocam que o tratamento com cálcio em plantas de laranja provocou aumento no tamanho dos frutos; entretanto, como a maior parte do fruto é constituída por água, houve redução da quantidade de sólidos solúveis. Por outro lado, Vieites *et al.* (2014) colocam que a relação SS/ATT em frutos de maçã ‘Eva’ não foi influenciada entre os diferentes tratamentos com cálcio e período de armazenamento. Resultado semelhante foi relatado por Silva e Menezes (2001), que não observaram efeito da aplicação de  $\text{CaCl}_2$  nas concentrações de 1% e 2% sobre os valores de SS, ATT e relação SS/ATT.

## 5. CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi realizado, conclui-se:

1. A aplicação de Lithothame na granulometria de 1200 mesh aumentou os teores foliares de N, P, K e Ca.
2. O maior teor de Ca na casca e polpa dos frutos foi obtido nas doses estimadas de 41,83 e 34,14 kg ha<sup>-1</sup> de Lithothame, aplicado via solo, na granulometria de 1200 mesh.
3. A granulometria de 600 mesh do Lithothame contribuiu com a manutenção do Ca disponível para a planta durante o ciclo de produção; já, a granulometria de 1200 mesh forneceu o Ca imediato para as plantas.
4. A aplicação do nitrato de Lith influenciou a produção de manga ‘Palmer’, sendo a maior produção alcançada no tratamento com 0,5% de nitrato de Lith.
5. Não houve diferença entre o tratamento com 0,5% de nitrato de Lith e 2,5% de nitrato de cálcio para os teores de sólidos solúveis, logo o 0,5% de nitrato de Lith mantém a mesma qualidade pós-colheita.
6. A aplicação do Lithothame em diferentes granulometrias, bem como o nitrato de Lith, não alterou a fertilidade do solo.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabe-se que a produção das plantas é influenciada pela interação de fatores edafoclimáticos, das condições genéticas da espécie, da interação da espécie com o ambiente, bem como, dos tratos culturais adotados nos sistemas de produção. Em relação aos tratos culturais, o manejo nutricional determina a produtividade e a qualidade final da produção.

Assim, este trabalho buscou estudar o efeito da aplicação de algas calcárias (*Lithothamnium* spp.) em formulações de Lithothame com diferentes granulometrias e nitrato de Lith sobre a fertilidade do solo, nutrição, produção e pós-colheita de manga 'Palmer'. O nome da formulação Lithothame foi alterado após a defesa desta Tese para Commax Algas e está em processo de registro pelo Ministério da Agricultura.

O interesse pelo uso de algas calcárias na agricultura está associado às características supracitadas dessas algas e, com isso, possíveis efeitos benéficos relacionados a correção de solos ácidos, a ação condicionadora de solos; ao fornecimento de nutrientes para as plantas; e, a presença de prováveis reguladores vegetais que auxiliam no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Os resultados indicaram que os tratamentos com Lithothame em uma granulometria mais fina (1200 mesh) provocam efeitos mais pronunciados no teor de nutrientes avaliados nos tecidos vegetais da mangueira, mas em doses elevadas provocou efeito decrescente no teor de Ca. Considera-se ainda que a granulometria de 600 mesh apresentou uma liberação mais lenta dos nutrientes, o que pode ser favorável para o fornecimento constante dos mesmos para as plantas.

A combinação das doses elevadas de Lithothame e tratamentos em maior concentração de nitrato de Lith apresentou efeito negativo na produção das plantas, resultado associado possivelmente aos teores elevados dos íons de  $\text{Ca}^{2+}$  e ao valor elevado do pH do solo, o que possivelmente causou uma precipitação dos nutrientes.

Informações relacionadas a fatores que condicionam a liberação dos nutrientes presentes em algas calcárias, bem como, a respostas das plantas a aplicação dessas algas ainda são escassas. Desse modo, entende-se, com a realização dessa pesquisa, que o efeito das algas calcárias no crescimento e desenvolvimento das plantas pode está condicionado a uma série de fatores, como os relacionados a fertilidade e características físicas do solo, aplicação de outras fontes de nutrientes, e do manejo geral da cultura instalada.

Compreende-se, também, a importância da realização de experimentos de longa duração para verificar implicações do uso contínuo das algas calcárias no solo e identificar

possíveis fatores que regulam a liberação de cálcio e outros nutrientes presentes nas algas. Por fim, destaca-se que as indagações estabelecidas com esta pesquisa não se encerram com ela, assim, espera-se que este trabalho possa contribuir para instigar a realização de novos estudos acerca da aplicação de algas calcárias em espécies frutíferas, bem como possíveis efeitos no sistema solo, aprofundando as discussões sobre o uso dessas algas.

## REFERÊNCIAS

- AGHDAM, M.S.; HASSANPOURAGHDAM, M.B.; PALIYATH, G.; FARMANI, B. The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. **Scientia Horticulturae**, v.144, p.102-115, 2012.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. REETZ, E. R. [et al.] Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2015. 104 p.
- ARAÚJO, P.O.L.C.; GONÇALVES, F.C.; RAMOS, J.D.; CHALFUN, N.N.J.; CARVALHO, G.J. Crescimento e percentual de emergência de plântulas de citrumeleiro swingle em função dos substratos e das doses de corretivo à base de Lithothamnium, após cem dias da semeadura. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.982-988, 2007.
- ARAÚJO, A.P.; MACHADO, C.T.T. Fósforo. In: In: FERNANDES, M.S (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2008, 432p.
- ASSIS, J.S.; SILVA, D.J.; MORAES, P.L.D. Equilíbrio nutricional e distúrbios fisiológicos em manga ‘Tommy Atkins’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p.326-329, 2004.
- BRACKMANN, A.; SCHORR, M.R.W.; PINTO, J.A.V.; VENTURINI, T.L. Aplicações pré-colheita de cálcio na qualidade pós-colheita de maçãs ‘Fuji’. **Ciência Rural**, v.40, p.1435-1438, 2010.
- CÁRDENAS, K.; MANZANO, J.E.; E. ROJAS, E. Efectos de la fertilización con calcio sobre el comportamiento poscosecha del mango (*Mangifera indica* L.) ‘Haden’ y control de maduración con aplicaciones de etileno. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v.4, p.24-29, 2001.
- CARDOZO, K.H.M.; GUARATINI, T.; BARROS, M.P.; FALCÃO, V.R.; TONON, A.P.; LOPES, N.P.; CAMPOS, S.; TORRES, M.A.; SOUZA, A.O.; COLEPICCOLO, P.; PINTO, E. Metabolites from algae with economical impact. **Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology & Pharmacology**, v.146, p.60-78, 2007.
- CARVALHO, C.R.L.; ROSSETTO, C.J.; MANTOVANI, D.M.B.; MORGANO, M.A.; CASTRO, J.V.; BORTOLETTO, N.. Avaliação de cultivares de mangueiras selecionadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas comparada a outras de importância comercial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p.264-271, 2004.
- CARVALHO, R.P.; MOREIRA, R.A.; CRUZ, M.C.M.; OLIVEIRA, A.F.; FAGUNDES, M.C.P. Comportamento nutricional de oliveiras com a aplicação de fertilizante organomineral. **Comunicata Scientiae**, v.6, p.224-233, 2015.
- CASERO, T.; BENAVIDES, A.L.; RECASENS, I. Interrelation between fruit mineral content and pre-harvest calcium treatments on ‘Golden Smoothee’ apple quality. **Journal of Plant Nutrition**, v.33, p.27-37, 2010.
- CAZOTTI, M.C. **Calcário biogênico e resíduo industrial de mármore: caracterização comparativa na correção de solos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, 2015, 63f.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento dos Vale do São Francisco e do Paranaíba. **Vale do São Francisco: regiões fisiográficas**, 2006. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/osvales/vale-do-sao-francisco/recus/submedio-sao-francisco>> Acesso em: 30 de maio de 2014.

COSTA, A.C.; RAMOS, J.D.; SILVA, F.O.R.; MENEZES, T.P; MOREIRA, R.A.; DUARTE, M.H. Adubação orgânica e Lithothamnium no cultivo da pitaia vermelha. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, p.77-88, 2015.

DANNER, M.A.; CITADIN, I.; SASSO, S.A.Z.; ZARTH, N.A.; MAZARO, S.M. Fontes de cálcio aplicadas no solo e sua relação com a qualidade da uva 'Vênus'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, p.881-889, 2009.

DECHEN A.R.; NACHTIGALL G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS R. F.; ALVAREZ V.V. H.; BARROS N. F.; FONTES R. L. F.; ANTARUTTI R. B.; NEVES J. C. L. (Eds). **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, 1017p.

DHARGALKAR, V.K.; PEREIRA, N. Seaweed: promising plant of the millennium. **Science and culture**, v.71, p.60-66, 2005.

DIAS, G.T.M. Granulados bioclásticos – algas calcárias. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.18, p.308-318, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

EMEX, A.C. **Norma de calidad para mango fresco de exportación**. México: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, 1998. 4p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio In: **Fertilidade do solo**. NOVAIS, R.F; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (editores). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, 1017p.

EVANGELISTA, R.M.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. Mudanças na ultra-estrutura da parede celular de mangas 'Tommy Atkins' tratadas com cloreto de cálcio na pré-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, p.254-257, 2002.

EVANGELISTA, A.W.P.; ALVES JÚNIOR, J.; MELO, P.C. Resposta do cafeeiro à aplicação de níveis de irrigação e adubação com Alfertil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.392–396, 2013.

EVANGELISTA, A.W.P.; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D.; COSTA, F. R. Desenvolvimento inicial da mamoneira, girassol e nabo forrageiro adubados com lithothamnium. **Global Science and Technology**, v.08, p.40-48, 2015.

FAO. MANGO: Post-harvest Operations. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-av008e.pdf>> Acesso em: 21 de abril de 2016.

FAOSTAT. **Produção mundial de manga.** Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostatgateway/go/to/download/Q/QC/E>> Acesso em: 25 de abril de 2016.

FERREIRA, D.F. Sisvar versão 5.3. **Sistemas de análises de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos.** Lavras, MG, Universidade Federal de Lavras, 2000.

GALLI, J.A.; SILVEIRA, L.C.P.; MICHELOTTO, M.D.; MARTINS, A.L.M. Avaliação da incidência de antracnose, do desempenho e estado nutricional de variedades de mangueira, para cultivo orgânico, na região centro-norte do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, p.701-709, 2009.

GOMEZCAÑA, R.N.R.; VELOZ, S.C.; GARCÍA, S.P.; ALCÁZAR, R.J.; HERNÁNDEZ, G.V.M.; MENDOZA, R.M.N.; SAÑUDO, B.R. Aplicación foliar de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ : fisiología y calidad de frutos de mango 'Haden'. **Terra Latinoamericana**, v.24, p.521-527, 2006.

HAFLE, O.M.; SANTOS, V.A.; RAMOS J.D.; CRUZ, M.C.M.; MELO, P.C. Produção de mudas de mamoeiro utilizando Bokashi e Lithothamnium. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 245-251, 2009.

HASLAM, S.F.I.; HOPKINS, D.W. Physical and biological effects of kelp (seaweed) added to soil. **Applied soil ecology**, v.3, p. 257-261, 1996.

HEPLER, P.K. Calcium: A Central Regulator of Plant Growth and Development. **The Plant Cell**, v.17, p.2142-2155, 2005.

HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; ALMENAR, E.; OCIO, M.J.; GAVARA, R. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). **Postharvest Biology and Technology**, v.39, p.247-253, 2006.

HOJO, R.H.; JOSÉ, A.B.S.; HOJO, E.T.D.; ALVES, J.F.T.; REBOUÇAS, T.N.H.; DIAS, N.O. Qualidade de manga 'Tommy Atkins' pós-colheita com uso de cloreto de cálcio na pré-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, p.62-70, 2009.

GOLBABAPOUR, M.M.; JAFARPOUR, M. Effect of foliar application with calcium nitrate on quality of sanguine Orange. **Advances in Environmental Biology**, v.8, p. 122-166, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** 3. ed. São Paulo, 1985, 533p.

KHAN, W.; RAYIRATH, U.P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M.N.; RAYORATH, P.; HODGES, E.D.M.; CRITCHLEY, A.T.; CRAIGIE, J.S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regul**, v.28, p.386-399, 2009.

LESTER, G.E.; ARIAS, L.S.; GOMEZ-LIM, M. Muskmelon fruit soluble acid invertase and sucrose phosphate synthase activity and polypeptide profiles during growth and maturation. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.126, p.33-36, 2001.

LOPEZ-BENITO, M. Estudio de la composición química del *Lithothamnium calcareum* (Aresch) y sua aplicación como corrector de terrenos de cultivo. **Investigación Pesquera**, v.23, p.53-70, 1963.

LÓPEZ, B.C. Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar suelos. **Terra latino americana**, v.17, 1999.

MAGALHÃES, A.F.J.; BORGES, A.L. Calagem e adubação. In: MATOS, A.P. (org.). **Manga - Produção: Aspectos Técnicos**. Embrapa Mandioca e Fruticultura - Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000, 63p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MANICA, I.; ICUMA, I.; MALAVOLTA, E. **Manga: Tecnologia, produção, agroindústria e exportação da manga**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. 618p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 3ed., atual. ampl. Editora UFV, 2009, 486p.

MEDEIROS, A.A; AMORIM, J.R.A.; SILVA, D.J; GUEDES, F.X; GUERRA, A.G; DANTAS, J.A. Composição mineral de folhas e exportação de nutrientes pelos frutos de mangueira, em cultivo irrigado no Rio Grande do Norte. **Natal, RN: Emparn**, 2003, 13 p.

MELO, P.C.; FURTINI NETO, A.E. Avaliação do Lithothamnium como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, p.508-519, 2003.

MENDONÇA, V.; ORBES, M.Y.; ABREU, N.A.A.; RAMOS, J.D.; TEIXEIRA, G.A.; SOUZA, H.A. Qualidade de mudas de maracujazeiro-amarelo formadas em substratos com diferentes níveis de Lithothamnium. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.900-906, 2006.

MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.S (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2008, 432p.

MOREIRA, R.A.; RAMOS, J.D.; MARQUES, V.B.; ARAÚJO, N.A.; MELO, P.C. Crescimento de pitaiá vermelha com adubação orgânica e granulada bioclástica. **Ciência Rural**, v.41, p.785-788, 2011a.

MOREIRA, R.A.; RAMOS, J.D.; ARAÚJO, N.A.; MARQUES, V.B. Produção e qualidade de frutos de pitaiá-vermelha com adubação orgânica e granulada bioclástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p.762-766, 2011b.

MOREIRA, R.A.; RAMOS, J.D.; SILVA, F.O.R.; MENEZES, T.P.; MELO, P.C. Granulada bioclástica associada ao raleio químico na produção e qualidade de tangerinas Ponkan. **Citrus Research & Technology**, v.33, p.81-90, 2012.

MOREIRA, R.A.; RAMOS, J.D.; SILVA, F.O.R.; MENEZES, T.P.; MELO, P.C. Comportamento nutricional, produção e qualidade de frutas de tangerineira 'Ponkan' aplicando granulado bioclástico. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, p.2341-2350, 2014.

PEREIRA, A.J.; BLANK, A.F.; ALVARENGA, M.A.R.; SOUZA, R.J. Aplicação de fontes e doses de cálcio na produção e qualidade de frutos de melão. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.428-431, 2002.

PINTO, A.C.Q.; COSTA, J.G.; SANTOS, C.A.F. Principais variedades. In: GENUÍ, J. C.; PINTO, A. C. Q. (ed). **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 452p.

PINTO, P.A.C.; CHOUDHURY, M.M.; LINS, J.A.; HOMMA, S.; PINTO, A.C.C.; SILVA, C.P.; OLIVEIRA, R.S. Qualidade pós-colheita de frutos de mangueira (*Mangifera indica* L) var. 'Tommy Atkins' sob sistema orgânico no submédio São Francisco (Brasil). **Recursos Rurais**, v.1, p.5-12, 2008.

POLITI, L.S. **Efeito residual do calcário no solo, no estado nutricional e na produtividade da mangueira cv. Palmer**. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Jaboticabal, 2012, 47f.

PRADO, R.M. Nutrição e desordens fisiológicas na cultura da manga.. In: ROZANE, D.E.; DAREZZO, R.J.; AGUIAR, R.L.; AGUILERA, G.H.A.; Laércio ZAMBOLIM, L. (Org.). **Manga: produção integrada, industrialização e comercialização**. 1ed. Universidade Federal de Viçosa, v.1, p.199-231, 2004.

PRADO, R.M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: Editora Unesp, 2008. 407p.

QUAGGIO, J.A. Adubação e calagem para mangueira e qualidade dos frutos. In: São José, A. R.; Souza, I. V. B.; Martins Filho, J.; Morais, O. M. (Eds.) **Manga, tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista: DBZ/UESB, p.106-135, 1996.

RATHORE, S.S.; CHAUDHARY D.R.; BORICHA, G.N.; GHOSH, A.;BHATT, B.P.; ZODAPE, S.T.; PATOLIA, J.S. Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. **South African Journal of Botany**, v. 75, p.351–355, 2009.

SAURE, M. C. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. **Scientia Horticulturae**, v.105, p.65-89, 2005.

SILVA, D.J.; QUAGGIO, J. A.; PINTO, P.A. C.; PINTO, A.C.Q.; MAGALHÃES, A. F.J. Nutrição e Adubação. In: GENUÍ, J. C.; PINTO, A. C. Q. (ed). **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 452p.

SILVA, D.J.; CHOUDHURY, M.M.; MENDES, A.M.S.; DANTAS, B.F. Efeito da aplicação pré-colheita de cálcio na qualidade e no teor de nutrientes de manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.74-78, 2008.

SILVA, E.A. **Granulado bioclástico na produção e qualidade de frutos da goiabeira 'Pedro Sato'**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, 2010, 51p.

SILVA, A.C.; SOUZA, A.P.; LEONEL, S.; SOUZA, M. E.; TANAKA, A.A. Caracterização e correlação física e química dos frutos de cultivares de mangueira em São Manuel, São Paulo. **Magistra**, v. 24, n. 1, p.15-26, 2012.

SILVA, J.P.S.; NASCIMENTO, C.W.A.; SILVA, D.J.; CUNHA, K.P.V.; BIONDI, C.M. Changes in soil fertility and mineral nutrition of mango orchards in São Francisco Valley, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, p.42-48, 2014.

SILVA, A.V.C.; MENEZES, J.B. Caracterização físico-química da manga 'Tommy Atkins' submetida a aplicação de cloreto de cálcio pré-colheita e armazenamento. **Scientia Agricola**, v.58, p.67-72, 2001.

SOUZA, J.S.; ALMEIDA, C.O.; ARAÚJO, J.L.P.; CARDOSO, C.E.L. Aspectos socioeconômicos. In: GENÚ, J. C.; PINTO, A. C. Q. (ed). **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 452p.

SOUZA, H.A.; MENDONÇA, V.; RAMOS, J.D.; FERREIRA, E.A.; ALENCAR, R.D. Doses de lithothamnium e diferentes substratos na produção de mudas de maracujazeiro 'doce'. **Caatinga**, v.20, n.4, p.24-30, 2007.

ROMERO, G.N.; SÁNCHEZ, G.P.; RODRÍGUEZ, A.J.; SAUCEDO, V.C. Aplicación foliar de calcio y su relación con la calidad en frutos de mango cv. Haden. **Agricultura técnica en México**, v.32, p.5-15, 2006.

ROZANE, D.E.; NATALE, W.; PRADO, R.M.; BARBOSA, J.C. Amostragem para diagnose do estado nutricional de mangueiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, p.371-376, 2007.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed., Porto Alegre: Artmed, p. 2013, 954p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, 1995. 118 p.

TEIXEIRA, G.A.; SOUZA, H.A.; MENDONÇA, V.; RAMOS, J.D.; CHALFUN, N.N.J.; FERREIRA, E.A.; MELO, P.C. Produção de mudas de mamoeiro 'formosa' em substratos com doses de Lithothamnium. **Revista da FZVA**, v.16, p.220-229, 2009.

VENEKLAAS, E.J.; LAMBERS, H.; BRAGG, J.; FINNEGAN, P.M.; LOVELOCK, C.E.; PLAXTON, W.C.; PRICE, C.A.; SCHEIBLE, W.; SHANE, M.W.; WHITE, P.J.; RAVEN, J.A. Opportunities for improving phosphorus-use efficiency in crop plants. **New Phytologist**, v.195, p.306-320, 2012.

VIEITES, R.L.; SOARES, L.P.R.; DAIUTO, E.R.; MENDONÇA, V.Z.; FURLANETO, K.A.; FUJITA, E. Maçã 'Eva' orgânica submetida a aplicação pós-colheita de cloreto de cálcio. **Nativa**, v.2, p.187-193, 2014.

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.S (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2008, 432p.

WHITE, P.J.; BROADLEY, M.R. Calcium in plants. **Annals of Botany**, v.92, p.487-511, 2003.

**APÊNDICES**

**Apêndice 1** - Resumo da análise de variância para a fertilidade do solo da área experimental em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran) do Lithothame.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS									
		Amostra 0 - 20 cm									
		P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	pH	Corg
Bloco	2	41,92 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>*</sup>	1,41 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	364,46 <sup>**</sup>	4,47 <sup>***</sup>	716,07 <sup>ns</sup>	158,37 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>*</sup>
L solo	4	274,52 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	1,005 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	54,99 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	1075,26 <sup>*</sup>	125,28 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
Res <sub>(1)</sub>	8	460,41	0,004	0,8	0,08	49,48	0,15	311,27	165,95	0,04	0,37
Gran	1	75,40 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	11,01 <sup>ns</sup>	0,000008 <sup>ns</sup>	113,06 <sup>ns</sup>	167,10 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
L solo X Gran	4	29,96 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>**</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	79,01 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	225,64 <sup>ns</sup>	56,46 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
Res <sub>(2)</sub>	10	89,5	0,0004	0,37	0,06	46,75	0,11	224,96	31,24	0,04	0,14
CV <sub>1</sub> (%)	-	29,96	17,44	21,22	34,25	18,31	18,18	33,05	24,85	3,44	26,94
CV <sub>2</sub> (%)	-	13,21	5,81	14,57	30,15	17,79	15,81	28,1	10,78	3,17	16,77
Amostra 20 - 40 cm											
Bloco	2	49,86 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>**</sup>	1,63 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	398,55 <sup>**</sup>	1,50 <sup>***</sup>	234,00 <sup>**</sup>	189,96 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>***</sup>
L solo	4	211,18 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	99,25 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	50,08 <sup>ns</sup>	172,65 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
Res <sub>(1)</sub>	8	99,89	0,002	0,59	0,09	57,92	0,13	28,72	61,9	0,08	0,03
Gran	1	210,23 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	60,11 <sup>ns</sup>	0,0007 <sup>ns</sup>	11,36 <sup>ns</sup>	150,14 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>
L solo X Gran	4	69,12 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>*</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	199,43 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	34,66 <sup>ns</sup>	73,40 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
Res <sub>(2)</sub>	10	85,26	0,0007	0,35	0,04	75,23	0,08	17,43	63,62	0,02	0,11
CV <sub>1</sub> (%)	-	23,2	12,83	22,03	32,87	18,09	19,29	37,78	30,22	4,91	13,8
CV <sub>2</sub> (%)	-	21,43	7,82	17,06	22,01	20,62	15,37	29,43	30,64	2,77	23,83

FV - fonte de variação; GL - Graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*\*\*, \*\*, \*, <sup>ns</sup> - significativo a p < 0,01; 0,05; 0,10; e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**Apêndice 2** - Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P e K, em plantas de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, e combinadas com tratamentos de Nitrato (N folha), via foliar.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS											
		N <sup>(I)</sup>	N <sup>(II)</sup>	N <sup>(III)</sup>	N <sup>(IV)</sup>	P <sup>(I)</sup>	P <sup>(II)</sup>	P <sup>(III)</sup>	P <sup>(IV)</sup>	K <sup>(I)</sup>	K <sup>(II)</sup>	K <sup>(III)</sup>	K <sup>(IV)</sup>
Bloco	2	28,25 <sup>**</sup>	35,73 <sup>***</sup>	22,82 <sup>***</sup>	22,681 <sup>**</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>*</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>***</sup>	51,04 <sup>ns</sup>	29,72 <sup>**</sup>	20,03 <sup>ns</sup>	24,37 <sup>**</sup>
L solo	4	1,66 <sup>ns</sup>	3,29 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	4,10 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>**</sup>	15,68 <sup>**</sup>	8,55 <sup>ns</sup>	8,40 <sup>ns</sup>	4,48 <sup>ns</sup>
Res <sub>(1)</sub>	8	4,64	4,01	1,77	5,04	0,04	0,09	0,07	0,03	2,93	3,7	6,57	5,18
Gran	1	3,48 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	6,14 <sup>ns</sup>	3,61 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	1,69 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	2,21 <sup>ns</sup>	2,50 <sup>ns</sup>
L solo x Gran	4	1,18 <sup>ns</sup>	7,30 <sup>**</sup>	2,28 <sup>ns</sup>	3,53 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>***</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	3,73 <sup>*</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	3,21 <sup>ns</sup>	17,69 <sup>***</sup>
Res <sub>(2)</sub>	10	2,68	1,62	2,29	2,84	0,01	0,03	0,03	0,023	1,19	2,67	2,67	2,69
N folha	3	0,36 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	2,38 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	2,24 <sup>ns</sup>	10,45 <sup>**</sup>
L solo x N folha	12	0,83 <sup>ns</sup>	2,05 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	2,14 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	1,89 <sup>ns</sup>	1,60 <sup>ns</sup>
Gran x N folha	3	1,11 <sup>ns</sup>	5,68 <sup>*</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	2,26 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>***</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	2,32 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	2,24 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>
L solo x Gran x N folha	12	2,07 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	1,99 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	3,15 <sup>**</sup>	2,87 <sup>ns</sup>
Res <sub>(3)</sub>	60	1,43	2,21	1,33	1,56	0,01	0,02	0,02	0,007	1,08	1,05	1,52	3,05
CV <sub>1</sub> (%)	-	12,5	11,27	8,00	13,45	18,96	30,94	31,00	15,04	9,74	11,55	16,58	15,27
CV <sub>2</sub> (%)	-	9,52	7,16	9,09	10,11	9,61	17,59	20,25	12,99	6,22	9,80	10,58	11,01
CV <sub>3</sub> (%)	-	6,96	8,36	6,92	7,49	9,81	14,32	19,03	7,43	5,992	6,15	7,98	11,71

FV - fonte de variação; GL - Graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; (I), (II), (III), (IV) - número de amostragens foliares realizadas: antes da floração, início da floração, plena floração, e maturação dos frutos, respectivamente; <sup>\*\*\*</sup>, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>ns</sup> - significativo a p < 0,01; 0,05; 0,10; e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**Apêndice 3** - Resumo da análise de variância para os teores foliares de Ca e Mg em plantas de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, e combinadas com tratamentos de nitrato (N folha), via foliar.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS							
		Ca <sup>(I)</sup>	Ca <sup>(II)</sup>	Ca <sup>(III)</sup>	Ca <sup>(IV)</sup>	Mg <sup>(I)</sup>	Mg <sup>(II)</sup>	Mg <sup>(III)</sup>	Mg <sup>(IV)</sup>
Bloco	2	483,84 <sup>***</sup>	96,58 <sup>ns</sup>	49,82 <sup>***</sup>	144,36 <sup>**</sup>	115,46 <sup>***</sup>	3,31 <sup>ns</sup>	14,01 <sup>*</sup>	2,10 <sup>ns</sup>
L solo	4	8,65 <sup>ns</sup>	13,01 <sup>ns</sup>	9,88 <sup>ns</sup>	8,66 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	1,73 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>
Res <sub>(1)</sub>	8	13,10	32,64	5,22	23,29	0,63	1,80	1,72	0,78
Gran	1	0,69 <sup>ns</sup>	6,02 <sup>ns</sup>	16,88 <sup>*</sup>	1,95 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	1,48 <sup>ns</sup>
L solo x Gran	4	2,56 <sup>ns</sup>	6,50 <sup>ns</sup>	15,66 <sup>*</sup>	3,12 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>
Res <sub>(2)</sub>	10	6,33	3,05	5,03	14,48	0,55	0,44	0,24	0,69
N folha	3	2,74 <sup>ns</sup>	2,66 <sup>ns</sup>	21,39 <sup>***</sup>	15,91 <sup>***</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>
Dsolo x Tfol	12	0,43 <sup>ns</sup>	2,24 <sup>ns</sup>	6,15 <sup>ns</sup>	7,35 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>
Gran x Tfol	3	1,31 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	6,02 <sup>ns</sup>	2,66 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>
Dsolo x Gran x Tfol	12	0,93 <sup>ns</sup>	2,94 <sup>ns</sup>	5,60 <sup>ns</sup>	1,76 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>
Res <sub>(3)</sub>	60	2,46	2,44	4,20	5,88	0,36	0,19	0,17	0,43
CV <sub>1</sub> (%)	-	25,27	32,51	6,80	25,18	23,41	36,27	27,96	24,59
CV <sub>2</sub> (%)	-	17,57	9,95	6,67	19,85	22,02	18,06	10,62	23,08
CV <sub>3</sub> (%)	-	10,97	8,89	6,10	12,65	17,79	11,84	9,02	18,28

FV - fonte de variação; GL - Graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; (I), (II), (III), (IV) - número de amostragens foliares realizadas: antes da floração, início da floração, plena floração, e maturação dos frutos, respectivamente; <sup>\*\*\*</sup>, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>ns</sup> - significativo a p < 0,01; 0,05; 0,10; e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**Apêndice 4** - Resumo da análise de variância para as relações foliares N/Ca e K/Ca em plantas de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, e combinadas com tratamentos com Nitrato (N folha), via foliar.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS							
		N/Ca <sup>(I)</sup>	N/Ca <sup>(II)</sup>	N/Ca <sup>(III)</sup>	N/Ca <sup>(IV)</sup>	K/Ca <sup>(I)</sup>	K/Ca <sup>(II)</sup>	K/Ca <sup>(III)</sup>	K/Ca <sup>(IV)</sup>
Bloco	2	1,955 <sup>***</sup>	1,046 <sup>***</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,342 <sup>**</sup>	2,912 <sup>***</sup>	0,209 <sup>ns</sup>	0,034 <sup>**</sup>	0,155 <sup>ns</sup>
L solo	4	0,021 <sup>ns</sup>	0,102 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,013 <sup>ns</sup>	0,050 <sup>ns</sup>	0,095 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,021 <sup>ns</sup>
Res <sub>(1)</sub>	8	0,025	0,119	0,002	0,066	0,113	0,11	0,005	0,09
Gran	1	0,056 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,020 <sup>*</sup>	0,015 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	0,025 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>
L solo x Gran	4	0,025 <sup>ns</sup>	0,048 <sup>*</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,024 <sup>ns</sup>	0,067 <sup>ns</sup>	0,039 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,121 <sup>ns</sup>
Res <sub>(2)</sub>	10	0,043	0,017	0,004	0,024	0,043	0,025	0,005	0,049
N folha	3	0,024 <sup>ns</sup>	0,017 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>**</sup>	0,030 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,015 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>**</sup>	0,004 <sup>ns</sup>
L solo x N folha	12	0,005 <sup>ns</sup>	0,022 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,032 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,014 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,023 <sup>ns</sup>
Gran x N folha	3	0,003 <sup>ns</sup>	0,023 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,0112 <sup>ns</sup>	0,055 <sup>ns</sup>	0,015 <sup>ns</sup>	0,0017 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>
L solo x Gran x N folha	12	0,008 <sup>ns</sup>	0,021 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>	0,018 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,018 <sup>ns</sup>
Res <sub>(3)</sub>	60	0,023	0,019	0,002	0,022	0,029	0,013	0,003	0,022
CV <sub>1</sub> (%)	-	12,76	33,28	9,33	28,89	26,15	34,27	16,21	37,68
CV <sub>2</sub> (%)	-	16,73	12,71	13,92	17,59	16,18	16,44	15,26	27,77
CV <sub>3</sub> (%)	-	12,22	13,45	9,56	16,72	13,45	12,10	11,98	18,93

FV - fonte de variação; GL - Graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; (I), (II), (III), (IV) - número de amostragens foliares realizadas: antes da floração, início da floração, plena floração, e maturação dos frutos, respectivamente; <sup>\*\*\*</sup>, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>ns</sup> - significativo a p <0,01; 0,05; 0,10; e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**Apêndice 5** - Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P, K, Ca e Mg e das relações N/Ca e K/Ca na casca e polpa de frutos de manga ‘Palmer’, em função da aplicação de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, e combinadas com tratamentos com Nitrato (N folha), via foliar.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS													
		CASCA							POLPA						
		N	P	K	Ca	Mg	N/Ca	K/Ca	N	P	K	Ca	Mg	N/Ca	K/Ca
Bloco	2	5,02**	0,18***	53,61***	0,12 <sup>ns</sup>	0,18*	3,40*	11,51 <sup>ns</sup>	3,95*	0,49***	28,42 <sup>ns</sup>	0,09*	0,07**	49,18*	361,84 <sup>ns</sup>
L solo	4	0,76 <sup>ns</sup>	0,15***	11,10*	0,74*	0,10 <sup>ns</sup>	3,06**	31,63 <sup>ns</sup>	2,38 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	7,45 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	59,37**	517,26 <sup>ns</sup>
Res <sub>(1)</sub>	8	0,61	0,01	3,85	0,2	0,04	0,78	11,72	0,94	0,02	14,13	0,02	0,01	13,95	246,89
Gran	1	0,02 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	7,29 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	40,54 <sup>ns</sup>
L solo x Gran	4	1,44 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	2,66 <sup>ns</sup>	0,62*	0,31***	3,07 <sup>ns</sup>	53,65 <sup>ns</sup>	1,84 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	3,78 <sup>ns</sup>	0,04*	0,01 <sup>ns</sup>	44,15**	366,76 <sup>ns</sup>
Res <sub>(2)</sub>	10	0,76	0,02	3,96	0,18	0,03	1,8	22,23	0,68	0,02	8,045	0,01	0,008	12,5	174,8
N folha	3	0,16 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	5,87 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	25,66***	0,74 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	7,45 <sup>ns</sup>	0,04**	0,01 <sup>ns</sup>	18,77 <sup>ns</sup>	292,15 <sup>ns</sup>
L solo x N folha	12	0,25 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	2,36 <sup>ns</sup>	0,13**	0,03 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	9,83**	0,35 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	5,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	7,034 <sup>ns</sup>	114,54 <sup>ns</sup>
Gran x N folha	3	0,76 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	4,30 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	9,01 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	6,52 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	7,04 <sup>ns</sup>	67,33 <sup>ns</sup>
L solo x Gran x N folha	12	0,30 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	3,08 <sup>ns</sup>	0,10*	0,07*	0,81 <sup>ns</sup>	7,76 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	3,50 <sup>ns</sup>	0,02*	0,01 <sup>ns</sup>	22,13**	279,03*
Res <sub>(3)</sub>	60	0,58	0,005	3,87	0,06	0,04	0,59	5,34	0,54	0,01	5,17	0,019	0,01	10,84	158,38
CV <sub>1</sub> (%)	-	17,56	22,83	11,25	29,88	10,29	28,17	27,95	22,02	21,39	20,91	31,44	19,08	38,03	39,65
CV <sub>2</sub> (%)	-	19,6	28,51	11,41	28,45	9,82	42,75	38,50	21,11	19,76	15,78	23,25	15,41	35,99	33,36
CV <sub>3</sub> (%)	-	17,16	12,48	11,27	16,87	10,67	24,48	18,88	16,71	14,55	12,66	23,9	17,22	33,52	31,76

FV - fonte de variação; GL - Graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*\*\*, \*\*, \*, <sup>ns</sup> - significativo a  $p < 0,01$ ;  $0,05$ ;  $0,10$ ; e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**Apêndice 6** - Resumo da análise de variância para número médio de frutos (NMF), massa média de frutos (MMF) e produtividade total (prod) em plantas de manga 'Palmer', em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, combinadas com tratamentos de nitrato (N folha), via foliar.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		NMF	MMF	Prod
Bloco	2	13390,41 <sup>***</sup>	42318,70 <sup>***</sup>	199,18 <sup>**</sup>
L solo	4	1808,7 <sup>ns</sup>	2087,02 <sup>ns</sup>	67,45 <sup>ns</sup>
Res <sub>(1)</sub>	8	1407,06	3948,83	30,26
Gran	1	143,37 <sup>ns</sup>	440,30 <sup>ns</sup>	1,65 <sup>ns</sup>
L solo x Gran	4	486,51 <sup>ns</sup>	3816,20 <sup>ns</sup>	58,22 <sup>ns</sup>
Res <sub>(2)</sub>	10	1017,66	1556,9	39,74
N folha	3	2038,12 <sup>***</sup>	795,59 <sup>ns</sup>	70,81 <sup>***</sup>
L solo x N folha	12	1103,23 <sup>***</sup>	1204,08 <sup>ns</sup>	65,90 <sup>***</sup>
Gran x N folha	3	1384,69 <sup>***</sup>	566,83 <sup>ns</sup>	55,06 <sup>**</sup>
L solo x Gran x N folha	12	369,77 <sup>ns</sup>	1257,78 <sup>ns</sup>	30,08 <sup>*</sup>
Res <sub>(3)</sub>	60	310,06	843,8	15,95
CV <sub>1</sub> (%)	-	21,11	11,65	13,89
CV <sub>2</sub> (%)	-	17,96	7,32	15,92
CV <sub>3</sub> (%)	-	9,91	5,39	10,09

FV - fonte de variação; GL - graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; <sup>\*\*\*</sup>, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>ns</sup> - significativo a p < 0,01; 0,05; 0,10; e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**Apêndice 7** - Resumo da análise de variância para percentual de perda de massa (%PM), firmeza sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (ATT), relação SS/ATT e pH em frutos de manga 'Palmer' em função da aplicação de doses de Lithothame (L solo) em diferentes granulometrias (Gran), via solo, combinadas com tratamentos de nitrato (Nfolha), via foliar, e avaliados no decorrer do tempo de armazenamento dos frutos (Tempo).

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		% PM	Firmeza	SS	ATT	SS/ATT	pH
Bloco	2	1,88 <sup>ns</sup>	2281,40 <sup>***</sup>	30,25 <sup>***</sup>	0,45 <sup>***</sup>	366,44 <sup>***</sup>	0,92 <sup>***</sup>
L solo	4	7,80 <sup>*</sup>	192,67 <sup>ns</sup>	3,15 <sup>ns</sup>	0,065 <sup>ns</sup>	63,59 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
Res <sub>(1)</sub>	8	2,38	207,26	2,63	0,027	39,11	0,075
Gran	1	14,44 <sup>ns</sup>	141,47 <sup>ns</sup>	6,78 <sup>ns</sup>	0,077 <sup>**</sup>	105,65 <sup>**</sup>	0,006 <sup>ns</sup>
L solo x Gran	4	5,89 <sup>ns</sup>	468,40 <sup>ns</sup>	1,92 <sup>ns</sup>	0,017 <sup>ns</sup>	16,51 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>
Res <sub>(2)</sub>	10	5,27	278,02	3,24	0,011	19,65	0,027
N folha	3	1,39 <sup>ns</sup>	90,31 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	0,043 <sup>*</sup>	25,76 <sup>ns</sup>	0,030 <sup>ns</sup>
L solo x N folha	12	2,92 <sup>ns</sup>	186,69 <sup>ns</sup>	2,79 <sup>**</sup>	0,048 <sup>**</sup>	53,048 <sup>***</sup>	0,044 <sup>***</sup>
Gran x N folha	3	1,41 <sup>ns</sup>	265,70 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	11,55 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
L solo x Gran x N folha	12	1,91 <sup>ns</sup>	301,79 <sup>ns</sup>	1,70 <sup>ns</sup>	0,015 <sup>ns</sup>	23,67 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
Res <sub>(3)</sub>	60	3,26 <sup>ns</sup>	188,16	1,21	0,015	14,86 <sup>ns</sup>	0,015
Tempo	4	3115,98 <sup>***</sup>	222306,9 <sup>***</sup>	1279,68 <sup>***</sup>	1,39 <sup>***</sup>	5923,15 <sup>***</sup>	4,33 <sup>***</sup>
L solo x Tempo	16	2,06 <sup>ns</sup>	216,37 <sup>*</sup>	1,02 <sup>*</sup>	0,032 <sup>**</sup>	57,41 <sup>***</sup>	0,05 <sup>*</sup>
Gran x Tempo	4	2,11 <sup>ns</sup>	461,04 <sup>**</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	6,21 <sup>ns</sup>	0,037 <sup>ns</sup>
N folha x Tempo	12	1,94 <sup>ns</sup>	115,97 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	14,62 <sup>ns</sup>	0,023 <sup>ns</sup>
L solo x Gran x Tempo	16	5,40 <sup>***</sup>	168,18 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	19,20 <sup>ns</sup>	0,038 <sup>ns</sup>
L solo x N folha x Tempo	48	1,74 <sup>ns</sup>	81,69 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>***</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	22,01 <sup>ns</sup>	0,025 <sup>ns</sup>
Gran x N folha x Tempo	12	1,90 <sup>ns</sup>	336,46 <sup>***</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	17,06 <sup>ns</sup>	0,025 <sup>ns</sup>
L solo x Gran x N folha x Tempo	48	1,59 <sup>ns</sup>	163,32 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	11,74 <sup>ns</sup>	0,017 <sup>ns</sup>
Res <sub>(4)</sub>	320	2,083	139,53	0,64	0,01	18,759	0,033
CV <sub>1</sub> (%)	-	23,18	20,38	13,82	21,98	37,01	7,37
CV <sub>2</sub> (%)	-	34,47	23,61	15,34	14,08	26,24	4,49
CV <sub>3</sub> (%)	-	27,10	19,42	9,39	16,61	22,82	3,39
CV <sub>4</sub> (%)	-	21,66	16,73	6,82	16,82	25,63	4,89

FV - fonte de variação; GL - graus de liberdade; CV - coeficiente de variação; <sup>\*\*\*</sup>, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>ns</sup> - significativo a p < 0,01; 0,05; 0,10; e não significativo, respectivamente, pelo teste F.