



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

GUILHERME AUGUSTO CITO ALVES

**NUTRIÇÃO MINERAL EM *Phalaenopsis*  
(ORCHIDACEAE)**

---

Londrina  
2020

GUILHERME AUGUSTO CITO ALVES

**NUTRIÇÃO MINERAL EM *Phalaenopsis*  
(ORCHIDACEAE)**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Tadeu de Faria

Londrina  
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

A474n Alves, Guilherme Augusto Cito.  
Nutrição mineral em Phalaenopsis (ORCHIDACEAE) / Guilherme Augusto Cito Alves. - Londrina, 2020.  
54 f. : il.

Orientador: Ricardo Tadeu de Faria.  
Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2020.  
Inclui bibliografia.

1. Orquídea - Cultivo - Tese. 2. Cálcio - Tese. 3. Plantas - Fertilização - Tese. 4. Marcha de absorção - Tese. I. Faria, Ricardo Tadeu de. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 63

GUILHERME AUGUSTO CITO ALVES

**NUTRIÇÃO MINERAL EM *Phalaenopsis*  
(ORCHIDACEAE)**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Tadeu de Faria  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Roberto Jun Takane  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Christina da Silva Wanderley  
Centro Universitário Filadélfia – UNIFIL

---

Prof. Dr. Thiago Ometto Zorzenoni  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Dr. Rodrigo Thibes Hoshino  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 19 de fevereiro de 2020.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Estadual de Londrina (UEL), ao Departamento de Agronomia e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar esta Pós-Graduação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa durante a realização deste doutorado.

Ao Professor Ricardo Tadeu de Faria não só pela constante orientação neste trabalho, mas sobretudo pela sua amizade e confiança, além do crescimento como pessoa que obtive durante o Trabalho de Conclusão de Curso, Dissertação e Tese.

Aos professores Roberto Jun Takane, Christina da Silva Wanderley, Lúcia Sadayo Takahashi, Dana Katia Meschede pelos ensinamentos, paciência e cooperação durante toda a pós-graduação, sempre se dispondo a ler, corrigir e avaliar os trabalhos e como coautores dos artigos desenvolvidos nesse período.

Ao doutor Douglas Junior Bertocelli, Rodrigo Thibes Hoshino e Gustavo Henrique Freiria, que sem eles esse trabalho não seria possível. Aos pós-graduandos Douglas Mariani Zeffa, Felipe Favoretto Furlan, Guilherme Renato Gomes, Luiz Abílio Ribeiro Alves, Osvaldo Matsuo, Luiz Henrique Campos de Almeida, André Prechlak Barbosa e José Henrique Bizzarri Bazzo. Ao graduando Gabriel Barraca Men, por toda ajuda, e principalmente pela amizade.

Aos colegas de pós-graduação Gean, Walter, Wanessa, Ana Beatryz, Ronan, Jaqueline, Gianne e Franciele.

A minha família, em especial, aos meus pais Edilson e Liliana, a minha irmã Maria Luisa, minha tia Silvana e meus avôs Guisepe (*in memorian*) e Angiolina pelo apoio e motivação em todos os momentos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

ALVES, Guilherme Augusto Cito. **Nutrição mineral em *Phalaenopsis* (ORCHIDACEAE)**. 2020. 55 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## RESUMO

A produção de orquídeas *Phalaenopsis* teve um crescimento extraordinário, tornando-se a espécie mais produzida e comercializada no mundo. A adubação é fundamental para o crescimento e desenvolvimento das plantas em geral, sendo que a nutrição mineral influencia diretamente no vigor, quantidade e qualidade das flores em espécies ornamentais. Porém às exigências nutricionais dessas espécies ainda não estão bem estabelecidas. Neste contexto o objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento, curva de absorção de nutrientes e determinar a influencia da concentração de cálcio em solução nutritiva na cultura da orquídea *Phalaenopsis*. Foram conduzidos 2 experimentos, no primeiro foi avaliado o crescimento e a curva de absorção de nutrientes, as plantas foram fertilizadas com solução nutritiva propostas por Hoagland e Arnon. Foram realizadas 12 coletas durante o período amostral, sendo avaliadas 10 plantas aleatoriamente por coleta. As coletas ocorreram em um intervalo médio de 35 dias, o que totalizou um período total de 424 dias. Foram avaliados os seguintes parâmetros fitométricos: número de folhas, largura e comprimento da maior folha, área foliar, massa seca de parte aérea e de raiz, e determinação dos teores de macronutrientes. Do substrato foram determinados o pH e a condutividade elétrica. Os parâmetros analisados foram submetidas a análise de variância a 5% de probabilidade de erro e posteriormente ajustado aos modelos, logísticos e polinomiais de primeiro, segundo e terceiro grau, utilizando o software R. No segundo experimento foi determinado a influencia da concentração de cálcio em solução nutritiva, foram avaliadas diferentes concentrações de Ca em solução nutritiva de Hoagland e Arnon constituindo 5 tratamentos, que forneceram : 0 mM, 2,5 mM, 5 mM, 7,5 mM e 10 mM de Ca. Após 24 meses foram avaliados os seguintes parâmetros fitométricos: número de folhas, largura da maior folha, comprimento da maior folha, área foliar total, massa seca de folhas, massa seca de raízes, textura das folhas, número de flores e massa seca de flores. Foram determinados os teores de macronutrientes. Do substrato foram determinados o pH e a condutividade elétrica. O delineamento foi inteiramente casualizado, com 10 repetições por tratamento, no qual um vaso contendo uma planta foi considerado uma unidade experimental. As variáveis, foram submetidas a análise de variância a 5% de probabilidade de erro e posteriormente ajustadas aos modelos de Mitscherlich e polinomiais de primeiro e segundo grau pelo software estatístico R. No final do primeiro experimento, a captação de macronutrientes pelas plantas de *Phalaenopsis*, seguiram a ordem decrescente: K > Ca > N > Mg > P > S. O pH e a condutividade elétrica do substrato não foram alteradas durante o período experimental. No segundo experimento a fertilização com 6,25 mM de Ca apresenta efeitos positivos sobre o crescimento e desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da orquídea *Phalaenopsis* sp. A deficiência em Ca resulta na redução do número de flores, o que afeta a qualidade do florescimento; e diminuição da firmeza das folhas em *Phalaenopsis* sp. Não é possível observar sintomas visuais de deficiência nutricional de Ca, durante todo o desenvolvimento vegetativo. A fertilização com 200 - 250 mg L<sup>-1</sup> de Ca é recomendada.

**Palavras-chave:** cálcio; fertilização; orquídea borboleta; marcha de absorção; produção de flores.

ALVES, Guilherme Augusto Cito. **Mineral nutrition in *Phalaenopsis* (ORCHIDACEAE)**. 2020. 55 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## ABSTRACT

The production of *Phalaenopsis* orchids has grown extraordinarily, becoming the most produced and commercialized species in the world. Fertilization is essential for plant growth and development in general, and mineral nutrition directly influences the vigor, quantity and quality of flowers in ornamental species. However, the nutritional requirements of these species are not yet well established. In this context, the objective of this study was to evaluate the growth, nutrient absorption curve and determine the influence of calcium concentration in nutrient solution on the culture of the *Phalaenopsis* orchid. Two experiments were conducted, in the first one the growth and the nutrient absorption curve were evaluated, the plants were fertilized with a nutrient solution proposed by Hoagland and Arnon. Twelve collections were carried out during the sampling period, with 10 plants being randomly evaluated per collection. The collections took place in an average interval of 35 days, which totaled a total period of 424 days. The following phytometric parameters were evaluated: number of leaves, width and length of the largest leaf, leaf area, dry mass of aerial part and root, and determination of macronutrient contents. From the substrate, pH and electrical conductivity were determined. The collections took place in an average interval of 35 days, which totaled a total period of 424 days. The following phytometric parameters were evaluated: number of leaves, width and length of the largest leaf, leaf area, dry mass of aerial part and root, and determination. The parameters analyzed were subjected to analysis of variance at 5% probability of error and subsequently adjusted to the first, second and third degree models, logistical and polynomials, using software R. In the second experiment, the influence of calcium concentration in nutrient solution was determined, different concentrations of Ca in Hoagland and Arnon nutrient solution were evaluated, constituting 5 treatments, which provided: 0 mM, 2.5 mM, 5 mM, 7.5 mM and 10 mM of Ca. of the macronutrient contents. From the substrate, pH and electrical conductivity were determined. The design was completely randomized, with 10 replicates per treatment, in which a pot containing a plant was considered an experimental unit. The variables were subjected to analysis of variance at 5% probability of error and subsequently adjusted to the Mitscherlich models and polynomials of first and second degrees by the statistical software R. resultados dos dois artigos

**Key words:** calcium; fertilization; orchid butterfly; absorption run; flower production.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 3.1** - Curvas de crescimento, para as variáveis: A – largura da maior folha (LF), B – comprimento da maior folha (CF), C – área foliar (AF), D massa seca de parte aérea (MSPA), E – número de folhas (NF) e F – massa seca de raiz (MSR), de *Phalaenopsis* sp. cultivadas por 424 dias Londrina – PR, 2020. .... 31
- Figura 3.2** – Imagem das raízes de *Phalaenopsis* sp. aos 424 dias após o transplante. Londrina – PR, 2020 ..... 32
- Figura 3.3** - Curvas de acúmulo dos nutrientes: A – nitrogênio (N), B – fósforo (P), C – potássio (K), D - cálcio (Ca) e E – magnésio (Mg) na parte aérea de *Phalaenopsis* sp. cultivadas por 424 dias Londrina – PR, 2020..... 34
- Figura 4.1** - Ajustes de regressão, para as variáveis: A - comprimento da maior folha (CMF), B - área foliar total (AFT), C - número de flores (n°F), D - massa seca de flores (MSF), E - textura das folhas (TX) e F - condutividade elétrica do substrato (Cond), de *Phalaenopsis* sp. fertirrigadas com solução de Hoagland e Arnon modificada em função de concentrações crescentes de Ca. Londrina – PR, 2020..... 42
- Figura 4.2** - Ajustes de regressão para os nutrientes: A - nitrogênio (N), B – fosforo (P) e C – cálcio (Ca) de *Phalaenopsis* sp. fertirrigadas com solução de Hoagland e Arnon modificada em função de concentrações crescentes de Ca. Londrina – PR, 2020..... 44



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 4.1** - Análise de variância das características fitométricas: número de folhas (n°Fo), largura da maior folha (LMF), comprimento da maior folha (CMF), área foliar total (AFT), massa seca de folhas (MSF), massa seca de raízes (MSR), textura das folhas (TX), número de flores (n°Fl), massa seca de flores (MSFlr), potencial hidrogeniônico do substrato (pH), e condutividade elétrica do substrato (Cond), de *Phalaenopsis* sp. fertirrigadas com solução de Hoagland e Arnon modificada com concentrações crescentes de Ca. Londrina – PR, 2020.....41
- Tabela 4.2** - Análise de variância das características nutricionais nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) de *Phalaenopsis* sp. fertirrigadas com solução de Hoagland e Arnon modificada com concentrações crescentes de Ca. Londrina – PR, 2020.....43

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	12
2.1	O MERCADO DA FLORICULTURA .....	12
2.2	A FAMÍLIA ORCHIDACEAE.....	14
2.2.1	O Gênero <i>Phalaenopsis</i> .....	16
2.3	ASPECTOS GERAIS DA NUTRIÇÃO MINERAL.....	17
2.3.1	A Nutrição Mineral em Orquídeas .....	18
2.3.1.1	A nutrição mineral em <i>Phalaenopsis</i> .....	22
<b>3</b>	<b>ARTIGO A: CRESCIMENTO E MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM <i>PHALAENOPSIS (ORCHIDACEAE)</i></b> .....	25
3.1	INTRODUÇÃO .....	27
3.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	28
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
3.4	CONCLUSÕES.....	35
<b>4</b>	<b>ARTIGO B: INFLUENCIA DA FERTILIZAÇÃO COM CÁLCIO NO CULTIVO DE <i>PHALAENOPSIS (ORCHIDACEAE)</i></b> .....	36
4.1	INTRODUÇÃO .....	38
4.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	39
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	41
4.4	CONCLUSÕES.....	47
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	48
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	49

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de flores é um segmento do mercado que possibilita a geração de renda e desenvolvimento de pequenas unidades de produção, devido ao alto valor agregado de seus produtos, além da geração de empregos no campo, devido à alta demanda de mão de obra nos setores produtivos e de expedição. Sendo também uma alternativa na diversificação das propriedades rurais.

A floricultura envolve múltiplas formas de exploração e cultivo, desde a produção de sementes, produção de flores de corte, até a produção de flores de vaso. As orquídeas tem apresentado destaque especial entre as flores comercializadas em vaso, devido ao seu potencial ornamental.

Na natureza as orquídeas possuem crescimento lento, obtendo seus nutrientes da decomposição de resíduos e excrementos de animais. Durante muito tempo a adubação em orquídeas foi negligenciada devido à crença da não necessidade do referido manejo, sendo considerada uma planta de baixa exigência nutricional. Porém a produção comercial em grande escala tem exigido um aprimoramento das técnicas de produção e manejo, principalmente em relação a nutrição das plantas.

As *Orchidaceae* possuem um ciclo longo de produção, desta forma a adubação é um manejo fundamental a ser considerado na produção comercial de orquídeas, que além de garantir qualidade e padronização, também reduz o tempo necessário para que as mudas e flores atinjam padrões comerciais.

Sendo assim, a nutrição mineral influencia diretamente o vigor, quantidade e qualidade das flores. Neste contexto a determinação da curva de absorção de nutrientes torna-se importante, pois permite determinar as quantidades absorvidas de cada elemento, em cada etapa do crescimento e desenvolvimento da cultura, possibilitando uma fertilização em conformidade com exigências nutricionais dos distintos estádios fenológicos, o que resulta na diminuição dos custos de produção, assim como na redução dos prejuízos ambientais, decorrentes do uso inadequado dos fertilizantes.

A ocorrência de uma carência de um nutriente ocasiona o retardamento no crescimento e desenvolvimento além de que as plantas em deficiência não chegam a florir. Desse modo é necessário aprofundar os conhecimentos sobre as reais necessidades da orquídea em macro e micronutrientes.

Dente os macronutrientes o cálcio (Ca) recebe uma enorme importância na floricultura, uma vez que atua na planta em vários processos, sendo importante na qualidade de

plantas, retardando a senescência de flores. Porém é importante lembrar que o incremento de qualquer elemento, pode interferir na absorção e concentração dos outros nutrientes nas plantas, podendo causar deficiência ou toxidez nos tecidos foliares.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento, a curva de absorção de nutrientes e determinar a melhor concentração de cálcio em solução nutritiva na cultura da orquídea *Phalaenopsis*

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O MERCADO DA FLORICULTURA

A floricultura envolve múltiplas formas de exploração e cultivo, variando da produção de flores de corte e plantas floríferas em vaso, até a produção de sementes, bulbos e mudas de árvores de grande porte. Está situada em um âmbito extremamente competitivo, o qual estabelece a necessidade da utilização de tecnologias avançadas, além de um profundo conhecimento técnico. O setor possui a necessidade de um eficiente sistema de comercialização e distribuição dos produtos, uma vez que as flores apresentam pouco tempo de prateleira (SILVEIRA, 2006).

No mercado mundial é caracterizado, como uma atividade agrícola dentro do segmento da horticultura, já que o seu processo produtivo assemelha-se ao das hortaliças e das plantas medicinais. Em geral, não são exploradas como alimentos ou usadas para processamento alimentar, a demanda e a oferta de produtos florais tendem a diferenciar-se dos produtos agrícolas comestíveis (OLIVEIRA; BRAINER, 2007).

O agronegócio brasileiro destaca-se pelas diversas atividades produtivas que estão diretamente ligadas à agricultura e a pecuária, dentre essas atividades, destaca-se a floricultura. Trata-se de um ramo da horticultura voltado para a produção e comercialização de plantas com finalidades ornamentais. Seus produtos compreendem sementes, bulbos, plantas (folhagens ou floríferas) em vasos, forrações, gramados, mudas diversas e espécies arborícolas. O setor tem conseguido se expandir tendo uma taxa de crescimento de 8% ao ano no Brasil, mesmo frente às crises econômicas, onde outros setores, por exemplo, sofrem quedas (IBRAFLOR, 2019).

O crescimento do setor é garantido graças a diversos fatores que colaboram para isso, como por exemplo às medidas que vem sendo adotadas pelo poder público e por iniciativas privadas, como a facilitação de compras de materiais, investimento em tecnologias, arrendamento de terras e qualificação de mão de obra (FRANÇA; MAIA, 2008). Outro fator que coopera para a expansão são as condições climáticas do Brasil que favorecem o cultivo de flores e plantas de clima temperado e tropical.

Além disso, devido a melhoria das tecnologias, estudos e qualificação da mão de obra, o produtores conseguem produzir flores, folhagens e outros derivados durante todo o ano a custos reduzidos (NEVES; PINTO, 2015). Dessa forma, o setor de flores possui alta versatilidade e a alta variedade de produtos, sua polivalência vai muito além dos simples fatores

comerciais da produção, como a compra e venda dos seus itens de consumo, estando atrelada também à culinária, à terapia, à educação e ao urbanismo.

A floricultura é explorada comercialmente no Brasil desde meados de 1950 e passou a crescer em função da evolução dos sistemas de produção e de distribuição, e também pela intensificação da relação de consumo de flores e plantas ornamentais como elementos favoráveis ao bem-estar, melhoria da qualidade de vida e reaproximação com a natureza (SEBRAE AGRONEGOCIO, 2016). Seu perfil econômico é também social, tendo em vista o grande número de empregos e renda que consegue gerar, criando mais de 200 mil empregos diretos dos quais aproximadamente 40% são relativos à produção (IBRAFLOR, 2019; LONGUINI, 2019). O mercado de flores brasileiro gerou em 2018 cerca de 8 bilhões para o mercado interno (ARAUJO, 2019; IBRAFLOR, 2019).

Os maiores produtores mundiais são Holanda, Colômbia, Dinamarca e Equador. O Brasil vem ganhando cada vez mais espaço no mercado internacional exportando e importando produtos (IPEA, 2006). Nos estudos realizados pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento em 2003/2004 o mercado brasileiro fechou com saldos positivo nos dois anos quando relacionada a importação e a exportação dos grupos de produtos floríferos (bulbos, mudas, flores e folhagens). Em 2007/2008 o saldo geral fechou positivamente, no entanto para o grupo de bulbos os saldos foram negativos, já que foi necessário importar muito mais do que exportar (IEA, 2004a e 2008b)

O setor de produção de flores vem se consolidando como uma atividade econômica relevante para o mercado, sendo um negócio dominado por pequenos produtores rurais, pois não é necessário áreas extensas para obter boas produtividades, além de estar relacionada à agricultura familiar e contribuir para uma melhor distribuição de renda, contudo pequenos produtores geralmente possuem baixa tecnologia e escasso conhecimento técnico-científico e, as pesquisas nessa área ainda são poucas em relação aos outros setores produtivos do mercado brasileiro (SEBRAE IDEIAS DE NEGOCIOS, 2018).

O maior polo de produção de flores e plantas ornamentais encontra-se no estado de São Paulo, concentrado em cerca de vinte municípios, sendo Holambra o mais conhecido, respondendo por 40% de toda a produção brasileira, exporta para vários países como Holanda, Estados Unidos, Portugal, Canadá, Inglaterra, Uruguai, Emirados Árabes e Argentina. Além disso, Holambra foi a pioneira no cultivo protegido de flores e plantas no Brasil, essa técnica fez com que a produção passasse a render o dobro do que a feita a céu aberto e também

aumentou a durabilidade das flores. Outras cidades com importância no cultivo de flores são Atibaia, Campinas, Dutra, Paranapanema e Vale do Ribeira. (IPEA, 2006).

O estado de São Paulo, o principal produtor, exportador e varejista representado principalmente pelas cidades de Holambra (composta principalmente de produtores de origem holandesa), Atibaia, Ibiúna, Mogi das Cruzes (as três compostas principalmente de produtores de origem nipônica). As vendas para o exterior estão concentradas em plantas ornamentais produzidas através de propagação vegetativa, como: bulbos, tubérculos, rizomas e flores de corte (JUNQUEIRA; PEETZ, 2013).

A região sul do Brasil, onde se encontra o estado do Paraná, destaca-se com geração de mais de 33 mil empregos, destes 37% no setor de produção, em relação a região sudeste, campeã na geração de empregos e renda, que se encarrega de mais de 126 mil, destes 43% no setor de produção (IBRAFLOR, 2019). No Paraná, a produção de flores e plantas ornamentais encontra-se distribuída nas cidades de Londrina, Maringá, Foz do Iguaçu, Guarapuava e Curitiba (VIEIRA; SAMPAIO; SAMPAIO, 2014).

A produção e venda de orquídeas como flores em vaso e flores de corte é um importante segmento do setor de floricultura, sendo o Brasil um importador de mudas. As mudas de orquídeas importadas pelo Brasil da Holanda, Tailândia e Japão, em 2012 somaram US\$ 8,87 milhões, representando 25,61% do total importado pelo país, com crescimento de 31,47% sobre o mesmo período do ano anterior. Sendo considerados materiais para a produção comercial final de plantas para consumo, especialmente nos ascendentes mercados de *Phalaenopsis*, *Cymbidium* e *Vandas*, entre outras (JUNQUEIRA; PEETZ, 2014).

A produção de *Phalaenopsis* está em foco internacional atualmente, passando a ser a orquídea mais produzida e comercializada no mundo. Taiwan e Holanda são os principais provedores de novos híbridos da espécie, e suas mudas são exportadas para o EUA, Europa, Japão e Brasil. Nos EUA 80% das orquídeas vendidas são *Phalaenopsis*, na Holanda movimentou 448 milhões de euros em 2012. No Brasil existem mais de 50 produtores de *Phalaenopsis*, sendo 40 no estado de São Paulo, com um volume aproximado de 7 milhões de vasos anuais. O estado do Paraná vem se destacando com região de crescente produção e comercialização (TAKANE; YANAGISAWA; PIVETTA, 2010).

## 2.2 A FAMÍLIA ORCHIDACEAE

Dentre o grupo das monocotiledôneas, a família Orchidaceae é a maior em número de espécies e a segunda maior entre as Angiospermas. Pertencente a ordem Asparagales

segundo o APGIII, é constituída por 27.801 espécies com nomes aceitos, distribuída em 899 gêneros em todo o mundo (THE PLANT LIST, 2019).

São caracterizadas como plantas herbáceas, lianas ou trepadeiras volúveis e de acordo com o habitat podem ser terrícolas, rupícolas, aquáticas, saprófitas, epífitas e hemiepífitas (BARROS et al., 2019). Esta família é amplamente distribuída por todos os continentes, apresentando maior abundância e diversidade nas regiões tropicais e subtropicais, especialmente da Ásia e das Américas, podendo ser encontradas até nas regiões próximas ao polo ártico e antártico. No Brasil podem ser encontradas cerca de 2.446 espécies, destas, 1.568 são endêmicas do país (FARIA et al., 2012; BARROS et al., 2019), mas é nas florestas tropicais que elas são mais abundantes, como por exemplo na Mata Atlântica brasileira (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2019).

As orquídeas, como são chamadas as plantas da família *Orchidaceae*, são, em sua maioria, epífitas (73% do total), típicas de regiões tropicais, apresentam raízes aéreas e vivem sobre as árvores ou sobre pedras, mas podem também ser terrícolas, geralmente encontradas em regiões de clima temperado (MILLER; WARREN, 1996).

As orquídeas são encontradas em praticamente todas as regiões do planeta, desde as proximidades do pólo Ártico até o pólo Antártico. O maior número de gêneros e espécies se concentra nas regiões tropicais, onde predominam as formas epífitas e rupícolas, enquanto que fora dos trópicos predominam as formas terrícolas (KERBAUY, 1995). O Brasil detém uma das maiores diversidades de orquídeas do continente americano e do mundo, com cerca de 2.420 espécies distribuídas em 235 gêneros, destas 1.620 são endêmicas (BARROS et al., 2010).

De maneira geral as orquídeas compartilham características exclusivas. São plantas herbáceas perenes, terrícolas, rupícolas ou epífitas, rizomatosas ou caulescentes, frequentemente com pseudobulbos. Apresentam folhas alternas raramente opostas ou verticiladas, simples, inteiras, elípticas, ovaladas ou lineares, mais ou menos suculentas ou coriáceas. Podem apresentar flores isoladas ou inflorescências em panículas, racemos ou espigas. As flores são hermafroditas, raramente unissexuais e zigomorfas (VIDAL; VIDAL, 2000).

A flor da orquídea é normalmente zigomorfa e hermafrodita, formada por três sépalas e três pétalas bastante desenvolvidas. As sépalas funcionam como órgão de proteção do botão floral. Depois que as flores desabroçam, as sépalas se tornam coloridas como as pétalas que se intercalam. Uma das pétalas se diferencia das demais em forma e coloração denominada labelo, esta estrutura tem a função de atrair insetos polinizadores que garantem a reprodução da



espécie (WATANABE; MORIMOTO, 2002). As flores podem ser axilares, laterais ou terminais no caule, dispostas em inflorescências, espigas ou panículas, eretas ou penduradas (RODRIGUES, 2011). Em sua maioria o florescimento das orquídeas ocorre uma vez ao ano, salvo exceções como os gêneros *Vanda* e *Phalaenopsis* que chegam a florir duas vezes no mesmo ano (FARIA et al., 2012).

A raízes das orquídeas podem ser entumecidas, clorofiladas, grossas ou pilosas (RODRIGUES, 2011), e algumas espécies apresentam o velame, que é uma epiderme externa constituída de células suberificadas que além de oferecem proteção física, ajudam a reduzir a taxa de transpiração, e auxilia na absorção de águas e sais minerais (PRIDGEON, 2001). Normalmente fungos micorrízicos se associam ao sistema radicular das orquídeas e auxiliam em seu crescimento, principalmente no estágio inicial de desenvolvimento dessas plantas.

### 2.2.1 O Gênero *Phalaenopsis*

As espécies do gênero *Phalaenopsis* são, em sua maioria, nativas do Norte da Austrália e de alguns países da Ásia. As plantas desse gênero são conhecidas popularmente como orquídea borboleta, devido suas flores possuir formato que lembra uma mariposa de asas abertas (TUSKES; TUSKES, 2002). A palavra *Phalaenopsis* origina-se do grego *phalaina* que significa mariposa e *opsis* aparência (PRIDGEON, 2001).

Nas regiões nativas essas plantas crescem em condições de altas temperaturas e umidade, com médias diárias de 30-35°C e 20-25°C noturnas, com precipitações pluviométricas entorno de 3.800 mm anuais (TAKANE; YANAGISAWA; VENDRAME, 2015).

São plantas epífitas (que vivem sobre árvores, não sendo parasitas), com crescimento monopodial, ou seja, que cresce vertical sobre uma base única, sem pseudobulbos ou órgão similar. Suas folhas possuem textura coriácea e chega medir até 46 cm de comprimento por sete centímetros de largura. As folhas são suculentas e servem como tecido de reserva de água e nutrientes. As inflorescências surgem em hastes, e possuem muitas flores (PRIDGEON, 2001).

Nos últimos anos, devido seu rápido crescimento e produção de hastes floridas, além de apresentarem uma riqueza de cultivares, de diversas cores, formas e tamanho de flores associadas a duração das flores na planta por meses, tornou-se um gênero favorito entre os produtores, alcançando alto valor comercial (WANG, 2007).

A produção de orquídeas *Phalaenopsis* teve um crescimento extraordinário, tornando-se a espécie mais produzida e comercializada no mundo. No Brasil a sua área de produção já ultrapassou a produção das espécies *Cattleya*, *Oncidium*, *Dendrobium* e *Cymbidium* (TAKANE; YANAGISAWA; VENDRAME, 2015).

### 2.3 ASPECTOS GERAIS DA NUTRIÇÃO MINERAL

Segundo os critérios de essencialidade, os nutrientes minerais são igualmente importantes para a produção vegetal, entretanto, existe uma classificação, baseada na proporção em que são exigidos e se acumulam na matéria seca das plantas, podendo ser macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl, Ni e Mo). Os micronutrientes, em razão de sua baixa concentração, não afetam diretamente a osmorregulação ou a manutenção do equilíbrio eletroquímico nas plantas, porém tem vital importância para o metabolismo através da ativação enzimática (MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 2005).

A reposição de água e nutrientes na quantidade ideal é essencial ao adequado desenvolvimento da planta. Segundo Kampf (2006), as recomendações de adubações no Brasil tem se apoiado, geralmente, no empirismo ou em recomendações de outros países, resultando na aplicação de quantidade insuficiente ou excessiva de adubos e, portanto, ocasionando uma nutrição desbalanceada. Um manejo inadequado da fertilização pode ocasionar salinização do solo, problemas de toxicidade e diminuição na produtividade e qualidade das plantas (NELL et al., 1997).

O conhecimento da exigência nutricional das plantas é importante para se estabelecer as quantidades de nutrientes a serem aplicadas por meio dos fertilizantes, obtendo assim os melhores rendimentos. A absorção de nutrientes é diferente de acordo com o desenvolvimento da planta, intensificando-se com a floração (SILVA, 1998).

Raij (1993), citou que a correção do substrato e a adubação de hortaliças e flores são muitas vezes, feitas com doses acima das recomendadas, pela preocupação em evitar deficiências, e assim fazendo, incorre-se no perigo dos excessos prejudiciais, além dos desperdícios. Nota-se, nesse ponto, a importância de se saber o quanto de macro e  $\mu$ nutrientes a planta necessitará para completar seu ciclo produtivo e o momento certo de se aplicar esses nutrientes.

A limitação de qualquer nutriente resultará em crescimento e desenvolvimento mais lento, em plantas mais susceptíveis a doenças e pragas e, em casos mais severos de limitação nutricional, no surgimento de sintomas visuais de deficiência

(MARSCHNER, 2005).

A determinação da curva de absorção de nutrientes é uma importante ferramenta na fertilização, pois permite determinar as quantidades absorvidas de cada elemento, em cada etapa do crescimento e desenvolvimento da cultura, possibilitando uma fertilização em conformidade com exigências nutricionais dos distintos estádios fenológicos, o que resulta na diminuição dos custos de produção, assim como na redução dos prejuízos ambientais, decorrentes do uso inadequado dos fertilizantes (CAMARGO et al, 2005).

As exigências nutricionais de espécies ornamentais não são ainda bem estabelecidas, resultando muitas vezes no uso ineficiente de adubos químicos e orgânicos, sem respeitar as necessidades de cada espécie, bem como a época adequada de aplicação. Isso acarreta em baixa qualidade final dos produtos, além de custos elevados de produção, o que justifica a importância do conhecimento nutricional das espécies. A altura das plantas, forma e coloração são aspectos qualitativos de espécies ornamentais, influenciados diretamente pela nutrição mineral, dentre outros aspectos ambientais (NETO et al., 2015).

### 2.3.1 A Nutrição Mineral em Orquídeas

Na natureza, há um fluxo gradual e contínuo de nutrientes, sendo que eles estão presentes no ambiente a partir de: excrementos de animais, restos vegetais e animais, água da chuva, além da contribuição microbiana via fixação biológica de  $N_2$ . Em ambiente protegido, como nos cultivos comerciais, a maioria das fontes naturais de nutrientes está comprometida, onde a alta densidade de plantas e a escassez de nutrientes torna a fertilização indispensável ao crescimento e desenvolvimento das orquídeas (NAIK et al., 2009).

Estudos relacionados à nutrição e fertilização de orquídeas são escassos, localizados e com poucas espécies, o que acaba gerando limitada informação científica. De acordo com Santos (2010), a maioria dos fertilizantes existentes no mercado não foi desenvolvida considerando a especificidade das orquídeas, uma vez que a fertilização das mesmas vem sendo feita de forma empírica dada à falta de informações apropriadas, segundo Rodrigues (2005) as recomendações estão a cargo da experiência de cultivadores de orquídeas e dos fabricantes de fertilizantes.

Faria et al. (2012), relata que *In vitro* os nutrientes mais exigidos pelas orquídeas são fósforo (P), Magnésio (Mg), Nitrogênio (N) e Cálcio (Ca). Porém sabe-se que as espécies de orquídeas apresentam necessidades nutricionais diferentes, variando com as fases de desenvolvimento. Entretanto, a maioria dos produtores utiliza os adubos convencionais,

desenvolvidos visando atender às culturas de produção de alimentos como grãos, fibras, proteínas, etc. No caso das orquídeas ainda vale a regra geral que se deve adubar com maiores quantidades de nitrogênio e potássio (TAKANE; YANAGISAWA; PIVETTA, 2010).

Sheehan (1961) estudou a influência do nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em *Cattleya* e verificou que o incremento de N aumentou o número de flores em *Cattleya*, enquanto o P e K não afetaram este parâmetro. O mesmo autor verificou interações entre níveis de nitrogênio e tipos de substratos. As repostas de N foram mais evidentes em madeiras macias.

Poole e Seeley (1977) estudaram a nutrição dos gêneros *Cymbidium*, e *Cattleya*, recomendaram que para fertirrigações diárias as soluções nutritivas devam conter 100 ppm N, 50-100 ppm K e 25 ppm Mg, para o primeiro gênero, entretanto para *Cattleya*, 50 ppm de N, K e Mg, são indicados. Os autores relataram que plantas de *Cymbidium* que receberam 50 ppm de N apresentaram sintomas de deficiência. O K tem pouco efeito sobre o crescimento das orquídeas. Contudo para o Mg o aumento de 50 ppm para 100 ppm, reduziram o crescimento de todos os gêneros.

Para *Vanilla* cultivada em substrato, a deficiência de nitrogênio é visível em apenas três semanas, enquanto para fósforo e potássio as deficiências aparecem somente após três meses. Mudanças de *Cattleya* quando cultivadas em areia com adição de solução nutritiva sem ferro somente demonstraram sintomas de deficiência após sete meses de crescimento. Também foi observado que o *Dendrobium phalaenopsis* é severamente afetado pela deficiência N, P, K, Ca e Mg em solução nutritivas, onde as folhas caem antes dos sintomas de deficiência aparecerem (POOLE; SHEEHAN, 1982). Os mesmos autores estudaram, os requerimentos de *Cattleya* e *Cymbidium* relataram que as melhores relações de N:P:K para estes gêneros são: 10:04:08.

Wang (1995), avaliou a fertilização constante (em cada irrigação) e intermitente (intercalada com 2 regas) em *Dendrobium*, observou que a fertilização constante teve pouco efeito sobre a altura e o número de folhas, embora tenha antecipado a emergência, desenvolvimento do segundo pseudobulbo e aumentado seu diâmetro, que resultou posteriormente no aumento do número de flores.

Para *Cymbidium sinense* a relação NPK nos tecidos é 6:1:9. A adubação entre 1 e 10 mmol de N aumenta o crescimento das folhas e o número de flores, porém altas concentrações de N (50 mmol) reduzem estes parâmetros. Relatam que a forma preferencial de N absorvido por *Cymbidium sinense* é nitrato, entretanto a combinação entre amônia e nitrato, quando supridos nas concentrações adequadas, é mais indicada para o crescimento das folhas e raízes (PAN; YE; HEW, 1997). Segundo os mesmos autores, é recomendada a aplicação de 5

mmol de KCl, que resulta no aumento de açúcares solúveis, amido, celulose e proteínas. Para o fosforo, são os brotos que possuem a maior demanda, seguido por pseudobulbo e folhas, no florescimento o acúmulo se dá nas gemas florais, este nutriente pode ser absorvido por raízes de um ou dois anos, sendo mais intensa nas raízes mais novas.

Swapna (2000) verificou que o uso de NPK na formulação 30-10-10 na concentração de  $2 \text{ g.L}^{-1} + 200 \text{ ppm}$  citocinina aplicado duas vezes por semana promoveu, maior altura, número de brotos, número de folhas, área foliar, número de raízes e biomassa, durante o período de crescimento, em *Dendrobium* 'sonia'. Entretanto o uso de NPK 10-20-10 ( $2 \text{ g.L}^{-1}$ ) + BA 100 ppm, resulta em um maior número de pendões com um maior número de floretes por pendão.

Apesar da importância da adubação em orquídeas, em plantas adultas, é observado o lento desenvolvimento de sintomas de deficiência, sendo atribuído a capacidade de mobilizar os nutrientes de folhas velhas e de outros órgãos de armazenamento como pseudobulbos, para atender as novas demandas de crescimento. Este fenômeno de eficiência na reciclagem de nutrientes pode ser observada na maioria das orquídeas tropicais, sendo atribuído à origem epífita dessas orquídeas, condição em que o suprimento de nutrientes é escasso (NG; HEW, 2000).

Em ensaio com plantas de *Dendrobium nobile* fertirrigadas com diferentes concentrações da solução nutritiva de Sarruge, Bernardi et al. (2004) verificaram que o tratamento com 75% da concentração da solução, aplicado semanalmente, proporcionou bom desenvolvimento vegetativo das plantas, sendo indicado para a otimização da produção em escala comercial. Contudo, o aumento até 150% da concentração não prejudicou o desenvolvimento vegetativo, onde a altura da planta e o diâmetro do pseudobulbo tiveram um aumento linear em função da concentração da solução nutritiva.

Starman e Wang (2008) avaliaram a suspensão da fertilização no florescimento em *Dendrobium* Bichsel e observaram que o comprimento dos pseudobulbos e o número de flores aumentam quando N é aplicado, no entanto, o atraso na suspensão da fertilização antes do florescimento causa retardamento da antese, nas doses de 200 e 400 ppm, embora a prolongada aplicação de N em 100 ppm não afete nenhuma característica do florescimento. As doses de P resultam em plantas mais altas com número igual ou maior de nós, quando comparada com o controle. Para o K pequenas doses resultam no aumento da altura, tendo efeito benéfico no número de flores e flores por nó. Os autores recomendam 100 ppm de N, 25 ppm de P e 100 ppm de K, para o estágio vegetativo e reprodutivo em *Dendrobium*.

Entretanto para Yen et al. (2008) o atraso na suspensão da fertilização antes

do florescimento melhora o crescimento e o florescimento. Suspender a fertilização tardiamente resulta em plantas mais altas com mais nós e folhas remanescentes, bem como maior número de flores por nós e menor abortamento das mesmas. Em *Dendrobium nobile* os resultados sugerem que o desenvolvimento das flores é mais beneficiado com nutrientes que foram acumulados em pseudobulbos maduros. Porém a suspensão antecipada provoca uma diferenciação floral mais rápida.

Rodrigues et al. (2010b), estudaram doses de calcário em *Epidendrum*, relatam que as doses de 4 e 5 g dm<sup>-3</sup> resultaram em plantas deficientes de N, S e B e o aumento das doses de calcário reduz linearmente o Zn, porém no tratamento que não recebeu calcário observou-se plantas deficientes de Ca. Para evitar problemas de uma adubação desequilibrada Rodrigues et al. (2010a), sugerem que para melhor produção de massa seca das plantas, seja utilizada a combinação da fertilização mineral e orgânica, pois esta proporciona resultados superiores ao uso dos fertilizantes isoladamente.

Os níveis de nutrientes a serem ofertados podem variar de acordo com o objetivo de produção. De acordo com Zong-min et al. (2012), o enriquecimento de N, resulta no aumento da área foliar e comprimento da folha durante o estado vegetativo, entretanto, tem pouco efeito sobre o tamanho das flores em *Paphiopedilum*. Na produção de sementes, a utilização de níveis intermediários de N, proporciona aumento no peso da cápsula e na taxa de germinação das sementes, além de melhorar o desenvolvimento das plântulas. Todavia para a reprodução clonal, uma baixa concentração induz a produção de rebentos com mais folhas e maior área foliar.

Para o florescimento a aplicação de 200 ppm de K aumentou a emissão de flores em *Cymbidium* quando as plantas foram submetidas à interrupção noturna com baixa intensidade luminosa. Com a aplicação de N, o diâmetro das flores bem como o comprimento e diâmetro das inflorescências aumentaram, sendo recomendada a manutenção desta fertilização após a emergência das inflorescências (AN; KIM; KIM, 2012).

A condutividade elétrica, as fontes de fertilizantes, a interação dos mesmos com o substrato, o equilíbrio entre os nutrientes, as quantidades e frequências a serem utilizadas, além das distintas exigências fenológicas e características intrínsecas às espécies, são importantes aspectos a serem considerados na fertirrigação.

Naik et al. (2013), observaram que a fertirrigação com NPK 20-20-20 mantendo a condutividade em 1,5 mS cm<sup>-1</sup>, resulta em melhorias nas características vegetativas como massa da planta, comprimento das folhas, número, comprimento e circunferência dos pseudobulbos de *Cymbidium*. Entretanto a fertirrigação com NPK 12-30-10 foi superior para o

florescimento, sendo a condutividade de  $1,0 \text{ mS cm}^{-1}$  a que proporcionou maior comprimento da haste e o número de flores por haste, a condutividade de  $2 \text{ mS cm}^{-1}$ , inibiu o florescimento.

Em *Laelia* as maiores médias para a massa seca de folhas foram obtidas quando as plantas foram irrigadas em soluções com condutividade elétrica de  $2,11 \text{ mS cm}^{-1}$  (JIMÉNEZ-PEÑA et al., 2013), entretanto tais resultados estão condicionados ao tipo de substrato utilizado. Segundo os mesmos autores os maiores valores de massa seca de folhas, foram observados em substratos contendo altas proporções de carvão e musgo, independente da condutividade utilizada, entretanto a maior massa seca dos pseudobulbos e raízes foram observados na condutividade de  $1,42 \text{ mS cm}^{-1}$ , principalmente em misturas com carvão ou 100% de musgo. Os mesmos autores relataram que o aumento da condutividade resulta na maior absorção de N e K, e redução nos níveis de P, Ca e Mg.

Outro aspecto importante na fertilização de orquídeas é disponibilizar os nutrientes, quando há demanda dos mesmos pela planta. Susilo et al. (2013), estudaram o particionamento de N e observaram que durante o crescimento vegetativo, tecidos recém formados como folhas novas, são grandes drenos deste elemento e tendem a diminuir com o aumento da idade das folhas, as quais passam a exercer função de armazenamento como fonte do nutriente para o estágio reprodutivo, onde as hastes e flores passam a serem os maiores drenos.

#### 2.3.1.1 A nutrição mineral em *Phalaenopsis*

Sheehan (1961) estudaram a influência do nitrogênio, fósforo e potássio em mudas de *Phalaenopsis* e verificou que o aumento das doses de nitrogênio resultando em aumento da área foliar, não existindo efeito dos outros dois nutrientes.

Poole e Sheehan (1982) concluíram que para *Phalaenopsis* as melhores relações de N:P:K são 10:08:15. Trabalhos realizados por Wang e Gregg (1994), com a utilização de diferentes concentrações da fórmula Peters® NPK 20-20-20, em *Phalaenopsis*, indicam que para um florescimento antecipado, um alto número de flores e um melhor crescimento das plantas, o fertilizante solúvel deve ser utilizado na concentração de  $1 \text{ g.L}^{-1}$  em cada irrigação.

Em trabalho com seis formulações de NPK solúveis (10-30-20, 15-20-30, 15-20-25, 20-5-19, 20-10-20 e 20-20-20) em *Phalaenopsis*, aplicadas nas concentrações de 100 ou 200 ppm de N em fertirrigações, Wang (1996) não encontrou diferença estatística entre as mesmas.

A salinidade da água de irrigação também possui efeito sobre o crescimento e florescimento em *Phalaenopsis*. Segundo Wang (1998), o mais óbvio efeito negativo do aumento da salinidade é a injúria das raízes. Com o aumento da salinidade mais raízes se tornaram ocas. Porém o efeito da salinidade varia de acordo com o substrato utilizado, sendo os teores foliares de nutrientes afetados diferentemente. Em mistura de casca de pinus e musgo, o aumento da salinidade levou a uma redução dos teores foliares de P, Fe e Cu e aumento de K, Ca, Mg e Zn. Em casca de pinus, somente os teores de Ca foram elevados com o aumento da salinidade, devido aos altos teores desse nutriente na água de irrigação.

Uma contínua, porém adequada aplicação de N, parece ser mais importante que uma redução do uso de N com aumento de P, para otimizar o florescimento em *Phalaenopsis*. Segundo Wang (2000), os tratamentos que receberam altas doses de P, não tiveram efeito na data de emergência das flores, antese ou tamanho da flor, e as plantas tratadas com as maiores doses de P apresentaram menos flores em relação ao controle, que recebeu adubação padrão (NPK 20-20-20). Os mesmos autores verificaram também que a longevidade foi reduzida em 12 dias quando o término da fertilização foi antecipada. A suspensão da fertilização por prolongados períodos, resultou no avermelhamento das folhas e perda das folhas mais baixas, bem como limitou a emissão de folhas novas.

No estudo de um híbrido de *Phalaenopsis* conduzido por Wang e Konow (2002) foi verificada a interação entre diferentes formulações solúveis (NPK: 10-30-20, 20-05-19, 20-20-20, 02-01-02, padronizados para fornecer 200 ppm de N) e a composição do substrato. Em casca de pinus a formula NPK 20-05-19, resultou em plantas de maior qualidade, entretanto na mistura de pinus e musgo (7:3, v:v), as fórmulas NPK 20-05-19 e 20-20-20, resultaram em incrementos de 40-50% no peso da parte aérea, e 40% na área foliar, do que outros fertilizantes, os autores atribuíram os resultados positivos a ureia presente nas referidas formulação. Segundo os autores os meios e os fertilizantes tiveram pouco efeito na concentração de nutrientes na planta, exceto fósforo o qual foi 100% maior em casca de pinus.

Em estudo com doses K em diferentes substratos, Wang (2007) verificou, que abaixo de 50 ppm do nutriente as plantas de *Phalaenopsis*, apresentaram sistemas de deficiência após o florescimento como, amarelecimento foliar, manchas roxas irregulares e necróticas. Os sintomas se intensificaram durante a emissão da haste floral, entretanto o uso de 100 ppm de K eliminou qualquer sintoma de deficiência. Quanto ao substrato, todas as plantas em casca de pinus e perlita floresceram, entretanto nenhuma planta cultivada em esfagno floresceu, quando não receberam K. Em ambos os substratos o aumento da concentração de K, aumentou o número de flores, o comprimento e o diâmetro das hastes. O autor recomenda que 300 ppm de



K, combinados com 200 ppm de N e P, independente do substrato utilizado, são indicados.

Além do momento da aplicação, a forma na qual o elemento está disponível é importante, para o N segundo Trépanier et al. (2009), a ureia e o amônio são as formas de N preferencialmente absorvidas em *Phalaenopsis*. Os requerimentos nutricionais das orquídeas são similares as de outras plantas, exceto pelo fato de levarem um maior tempo para apresentarem os sintomas de deficiência. A efetividade da aplicação de um nutriente é dependente da presença de outros, e evidências indicam que a combinação entre a adubação orgânica e mineral favorecem o crescimento das orquídeas (NAIK et al., 2009).

### 3 ARTIGO A: CRESCIMENTO E MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM *Phalaenopsis* (ORCHIDACEAE)

#### RESUMO

O manejo da fertilização é de extrema importância em plantas ornamentais e flores, uma vez que garantem a padronização e a qualidade do produto, sendo necessários estudos sobre a nutrição dessas espécies. Em relação as plantas da família *Orchidaceae*, as *Phalaenopsis* recebem destaque por ser a espécie com maior volume de produção e, conseqüentemente, maior venda no mercado internacional e nacional. Contudo os estudos relacionados ao cultivo das orquídeas são escassos, em especial, os relacionados à fertilização. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a marcha de absorção de nutrientes, na orquídea *Phalaenopsis*. Mudanças micropropagadas deste gênero foram cultivadas em casa de vegetação, em vasos contendo como substrato, uma mistura de casca de pinus e esfagno (4:1; v:v), irrigadas duas vezes por semana e fertilização em intervalos de 15 dias com solução nutritiva proposta por Hoagland e Arnon. Para avaliar o crescimento e a curva de absorção de nutrientes foram realizadas 12 coletas. As coletas ocorreram em um intervalo médio de 35 dias, o que totalizando um período total de 224 dias de avaliação. Cada período amostral foi considerado como um tratamento, com 10 repetições, cada repetição foi composta de um vaso contendo uma planta. Foram avaliados os seguintes parâmetros fitométricos: número de folhas, largura e comprimento da maior folha, área foliar, massa seca de parte aérea e de raiz além da e determinação dos teores de macronutrientes. Do substrato foram determinados o potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica. As variáveis que apresentaram homogeneidade de variância e normalidade foram submetidas a análise de variância a 5% e posteriormente ajustado aos modelos, logísticos e polinomiais de primeiro, segundo e terceiro grau, utilizando o software R. No final do experimento aos 424 dias após o transplante, a captação de macronutrientes pelas plantas de *Phalaenopsis*, seguindo a ordem decrescente, foi: K > Ca > N > Mg > P > S. O pH e a condutividade elétrica do substrato não foram alteradas durante o período experimental, se mantendo dentro dos padrões da literatura

**Palavras-chave:** Acúmulo de nutrientes. Fertilização. Orquídea borboleta.

### 3 ARTICLE A: GROWTH AND MARKING OF NUTRIENT ABSORPTION IN *Phalaenopsis* (ORCHIDACEAE)

#### ABSTRACT

The management of fertilization is of extreme importance in ornamental plants and flowers, since they guarantee the standardization and the quality of the product, being necessary studies on the nutrition of these species. In relation to the plants of the Orchidaceae family, the *Phalaenopsis* are highlighted as being the species with the highest volume of production and, consequently, higher sales in the international and national markets. However, studies related to orchid cultivation are scarce, especially those related to fertilization. The objective of this work was to evaluate the growth and gait of nutrient absorption in the *Phalaenopsis* orchid. Micropropagated seedlings of this genus were cultivated in a greenhouse in pots containing as substratum a mixture of pinus and sphagnum bark (4: 1; v: v), irrigated twice a week and fertilized at 15 day intervals with nutrient solution proposed by Hoagland and Arnon. To evaluate the growth and the nutrient uptake curve, 12 samples were taken. The collection occurred in an interval of 35 days, which totaled a total period of 224 evaluation days. Each sample period was considered as a treatment, with 10 replicates, each replicate was composed of one vessel containing one plant. The following phytometric parameters were evaluated: number of leaves, width and length of the largest leaf, leaf area, dry mass of shoot and root, besides the determination of macronutrient contents. From the substrate, the hydrogen ionic potential (pH) and the electrical conductivity were determined. The variables that presented homogeneity of variance and normality were submitted to analysis of variance at 5% and later adjusted to the logistic and polynomial models of first, second and third grades, using software R. No final experiment for 424 days after transplantation, the uptake of macronutrients by *Phalaenopsis* plants, following the decreasing order: K > Ca > N > Mg > P > S. The pH and the electrical conductivity of the substrate were not changed during the period experimental, keep within the standards of the literature

**Key words:** Nutrient accumulation. Fertilization. Orchid butterfly.

### 3.1 INTRODUÇÃO

Na produção comercial de flores, a fertilização é um manejo essencial, que proporciona redução no tempo de cultivo, padronização das floradas e ganhos na qualidade final dos produtos. A maioria dos fertilizantes comercializados foram desenvolvidos de forma generalizada, o que acarreta custos para produção (NETO et al., 2015). A melhoria na eficiência da produção pode ser garantida através da determinação das exigências nutricionais para cada espécie e cada fase do seu crescimento e desenvolvimento.

O conhecimento da absorção de nutrientes pelas plantas é uma importante ferramenta para o fornecimento dos mesmos em doses adequadas promovendo melhor desenvolvimento das plantas e melhorando a eficiência da produção. Deste modo, o estudo das quantidades dos nutrientes absorvidos durante os vários estádios de desenvolvimento da planta auxilia na determinação da composição dos nutrientes a ser fornecidos durante o cultivo (BARBOSA; SOARES; CRISÓSTOMO, 2003).

Além disso a análise de crescimento das plantas é de grande importância, pois pode ser utilizada para conhecer o efeito de sistemas de manejo e a capacidade produtiva de diferentes genótipos e se caracteriza como o elo entre o registro de rendimento das culturas e a análise destas por meio de métodos fisiológicos (KVET et al., 1971).

As orquídeas recebem destaque como importantes plantas ornamentais e medicinais devido ao alto interesse econômico, ecológico e botânico. A cultura das orquídeas passou a ser uma atividade relevante, devido a sua representatividade, como uma das culturas, em viveiro, mais significativa economicamente (SILVA, 2013). A produção e venda de orquídeas, como plantas de vaso, compreendem um segmento importante no setor. O Brasil é um importador de mudas provenientes, principalmente da Tailândia e Japão (JUNQUEIRA; PEETZ, 2013).

No cultivo de orquídeas, as fertilizações são frequentemente realizadas via fertirrigação, devido algumas características, como o controle das concentrações e frequências de aplicação das soluções nutritivas, bem como das relações nutricionais. Sendo sua utilização sistematizada de acordo com a infraestrutura das casas de vegetação por meio da irrigação (HOSHINO et al., 2016).

Em *Phalaenopsis* spp. a utilização de fertirrigação, promove ganhos no crescimento vegetativo e, conseqüentemente, antecipação e ganho na qualidade da florada (WANG; GREGG 1994). Na mesma espécie a salinidade da solução aplicada nas fertilizações mostraram efeitos sobre o florescimento. Segundo Wang (1998), a elevação da salinidade

resulta em aumentos lineares no número de flores, todavia ocasiona injúria no sistema radicular, com a observação de raízes ocas e mortas. Porém não existem estudos que contemplem todas as etapas do crescimento e suas demandas nutricionais.

Estabelecer uma sincronia entre o tempo das aplicações dos fertilizantes e a demanda das plantas por nutrientes é crítica e quando esse objetivo é atingido, a eficiência nutricional aumenta e o custo de produção diminui. Deste modo estudos que determinarem crescimento e absorção de nutrientes passam a ser uma importante estratégia para aumentar a eficiência de produção. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a marcha de absorção de nutrientes na orquídea *Phalaenopsis*.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação climatizada, modelo Poly-vento, coberta com placas de policarbonato com 50% de retenção luminosa e sombreamento por Aluminet® 50% com temperatura controlada através do sistema Pad-Fen a  $28 \pm 3$  °C, localizada no Departamento de Agronomia, na Universidade Estadual de Londrina - UEL, longitude 51°11' oeste e latitude 23°23' sul, e altitude de 566m.

As plantas utilizadas foram mudas da orquídea *Phalaenopsis* com seis meses de idade, provenientes da semeadura *in vitro*. O tamanho das plantas foram padronizados, com aproximadamente duas folhas,  $0,48 \pm 0,2$  e  $0,11 \pm 0,05$  gramas de massa seca de parte aérea e raiz, respectivamente.

As plantas foram transplantadas em vaso de polipropileno de coloração preta com capacidade de 0,75 L. Como substrato foi utilizado uma mistura casca de pinus e esfagno (4:1; v:v). A casca de pinus utilizada foi proveniente de reflorestamento e para sua utilização foi previamente compostada e peneirada entre peneiras com malha de 1,5 e 0,5 cm.

Após o plantio, as plantas permaneceram por 60 dias recebendo somente água até o início das fertilizações e a primeira coleta foi realizada 30 dias após a primeira fertilização. Foram realizadas 12 coletas durante o período amostral, sendo amostradas 10 plantas aleatoriamente por coleta. Foram realizadas 12 coletas durante o período amostral, sendo avaliadas 10 plantas aleatoriamente por coleta. As coletas ocorreram em um intervalo médio de 35 dias, o que totalizou um período total de 424 dias.

A fertilização das plantas foi realizada em intervalos de 15 dias, aplicando-se 50 mL por vaso da solução nutritiva proposta por Hoagland e Arnon (1950), disponibilizando: 15 mM de nitrogênio (N); 1 mM de fósforo (P); 6 mM de potássio (K); 5 mM de cálcio (Ca); 2

mM de magnésio (Mg); 2 mM de enxofre (S); 300  $\mu$ M de boro (B); 20  $\mu$ M de cobre (Cu); 180  $\mu$ M de ferro (Fe); 9  $\mu$ M de manganês (Mn); 0,8  $\mu$ M de zinco (Zn) e 0,1  $\mu$ M de molibdênio (Mo). A irrigação foi efetuada duas vezes por semana, aplicando-se uma lâmina de água de seis milímetros por rega.

As plantas amostradas foram removidas dos vasos e lavadas em água corrente, e posteriormente, foram seccionadas para separar os diferentes órgãos, que foram lavados em água destilada para posterior avaliação dos seguintes parâmetros fitométricos: número de folhas, largura e comprimento da maior folha, área foliar, massa seca de parte aérea e de raiz além da e determinação dos teores de macronutrientes. Do substrato foram determinados o potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica.

O número de folhas foi obtido por contagem, a largura e comprimento da maior folha foram mensurados na maior largura e maior comprimento, da maior folha da planta com auxílio de paquímetro digital, a massa seca de raízes e folhas foi obtida após secagens dos tecidos em estufa de ventilação forçada a 55°C, até atingir massa constante e, posterior, pesagem em balança analítica, com precisão de 0,001g.

A partir dos tecidos secos foi feita a determinação dos teores de macronutrientes na parte aérea. Os tecidos da parte aérea foram moídos, em moinho analítico modelo A11 IKA®, e os teores dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) foram quantificados. A partir da digestão nitroperclórica foi quantificado o P por calorimetria; Ca, Mg por espectrofotometria de absorção atômica e o K por fotometria de chama. O teor de N foi obtido mediante digestão sulfúrica e quantificado pelo método de Kjeldah, conforme metodologias descritas por Silva (2009). Os resultados dos macronutrientes foram expressos em  $\text{g kg}^{-1}$ .

A determinação de pH e condutividade elétrica foram realizadas seguindo metodologia descrita em Abreu et al. (2007), pelo método de extração 1:2 (v/v) de substrato e água deionizada, e mensurados com o auxílio de um pHmetro e condutivímetro portátil.

Cada período amostral foi considerado como um tratamento, com 10 repetições, cada repetição foi composta de um vaso contendo uma planta. As variáveis que apresentaram homogeneidade de variância e normalidade foram submetidas a análise de variância a 5% e posteriormente ajustado aos modelos, logísticos e polinomiais de primeiro, segundo e terceiro graus, utilizando o software R.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A largura (LF) e comprimento da maior folha (CF) tiveram um ajuste sigmoide que indicou um crescimento exponencial por um determinado período com uma posterior tendência a estabilização (Figura 3.1A e B). Os maiores ganhos em largura ocorreram até aproximadamente aos 210 dias após o transplante (DAT), com média de crescimento mensal de 7,30 mm. Após esse período a taxa de crescimento mensal reduziu-se gradativamente, sendo representada por 2,86 mm aos 240 DAT, 2,00 mm aos 270 DAT, 1,37 mm aos 300 DAT e inferiores a 1 mm após esse período.

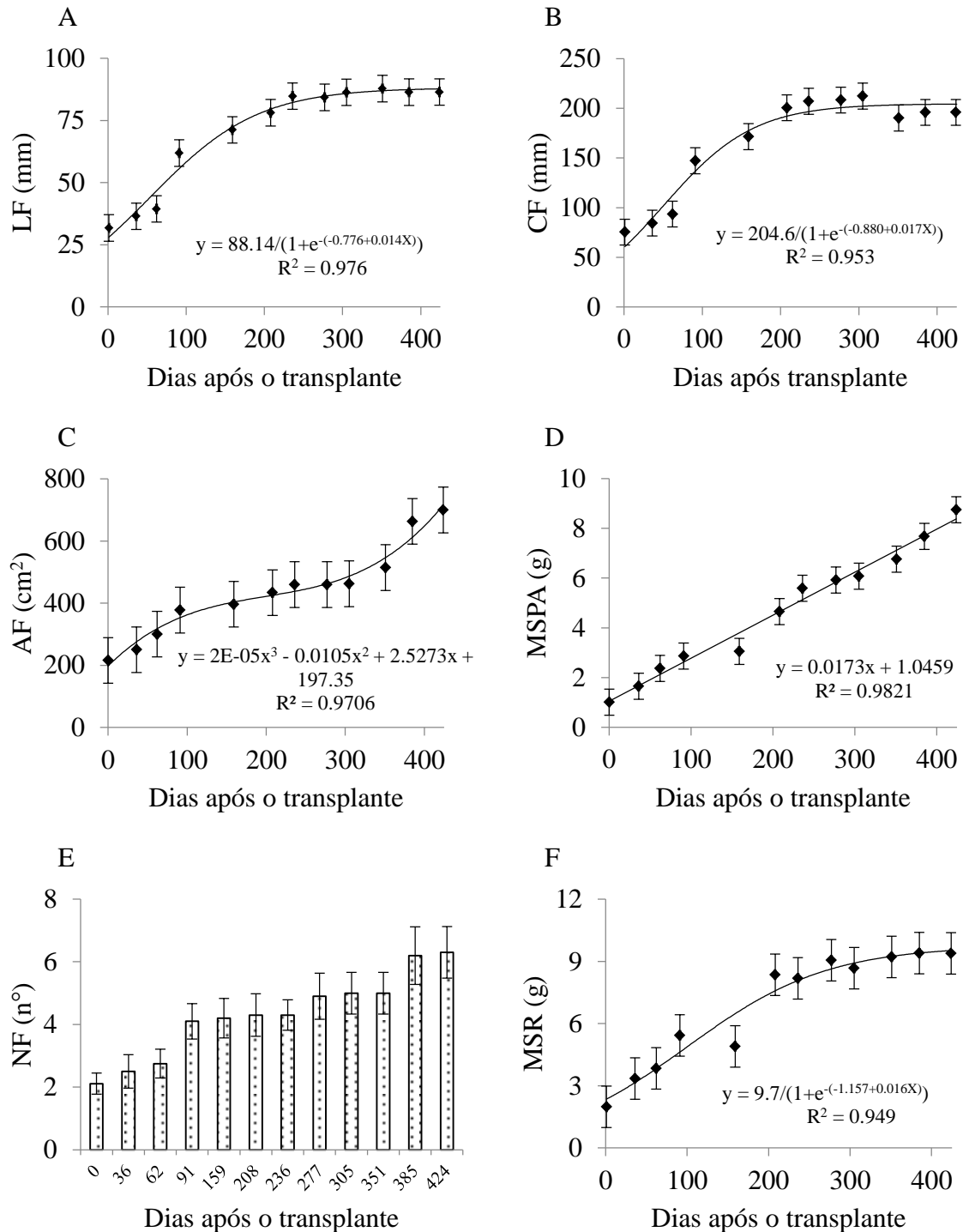
Sabe-se que a LF e CF são características correlacionadas, o que corrobora com a similaridade de resposta observadas em seus padrões de crescimento (Figura 3.1A e B). Como para LF, o CF obteve maior taxa de crescimento até aproximadamente 210 DAT, com média de ganho de 18,73 mm mensais, com reduções gradativas nas taxas de crescimento até uma tendência a estabilização aos 360 DAT com ganhos mensais inferiores a 0,5 mm.

O ajuste logístico utilizado para descrever os padrões de crescimento para LF e CF podem ser expressos pela equação:  $Y = VME / (1 + e^{-(\beta + \gamma X)})$ , em que VME indica o valor máximo estimado, ou seja, o maior valor que pode ser atribuído para as característica em questão, com isso, observa-se pelas regressões apresentadas nas figuras 3.1A e B que as maiores folhas teriam uma largura máxima de 88,14 mm e um comprimento de 204,60 mm.

Para a área foliar (AF) o melhor ajuste foi o polinômio de terceiro grau (Figura 3.1C), que possibilitou subdividir o incremento da área em três diferentes etapas: Etapa 1 – 0 à 102 DAT com valores médios de ganho de AF diários de 1,65 cm<sup>2</sup>; Etapa 2 – 103 à 246 DAT com valores médios de ganho de AF diários de 0,79 cm<sup>2</sup>; e Etapa 3 - 247 à 424 DAT com valores médios de ganho de AF diários de 2,39 cm<sup>2</sup>.

Esses resultados vão de encontro ao número de folhas (NF) (Figura 3.1E) apesar de não apresentar um ajuste significativo aos modelos testados. Ao início do experimento (0 DAT) as plantas apresentavam em média 2 folhas, nas coletas realizadas aos 36 e 62 DAT apresentavam em média 3 folhas, aos 91, 159, 208 e 236 DAT em média 4 folhas, aos 277, 305 e 351 DAT em média 5 folhas e aos 385 DAT até ao final do experimento as plantas apresentavam uma média de 6 folhas.

**Figura 3.1** - Curvas de crescimento, para as variáveis: A – largura da maior folha (LF), B – comprimento da maior folha (CF), C – área foliar (AF), D massa seca de parte aérea (MSPA), E – número de folhas (NF) e F – massa seca de raiz (MSR), de *Phalaenopsis* sp. cultivadas por 424 dias Londrina – PR, 2018.



Barra de erros: Desvio padrão.

A massa seca de parte aérea (MSPA) apresentou um ajuste linear crescente, com uma taxa de ganho diário de 0,0173 g (Figura 3.1D). Já a massa seca de raiz (MSR) um



ajuste sigmoide com uma tendência a estabilização após os 250 DAT, e um máximo estimado de massa radicular de 9,7g (Figura 3.1F).

As plantas de *Phalaenopsis* mostraram, ao final do experimento, desenvolvimento contínuo de AF, MSPA e NF. O que não aconteceu com LF, CF e MSR. Esse comportamento pode ser atribuído a fenologia e a fatores genéticos da planta no qual as folhas possuem um tamanho máximo, onde o comprimento e a largura atingem um determinado tamanho médio, cessando seu crescimento ao atingirem esse valor. Já a MSR o valor se estagnou devido a limitação do vaso, onde as raízes vão crescendo e desenvolvendo até um limite determinado pelo volume do vaso (Figura 3.2).

Segundo Barbosa et al. (2011), o tamanho do vaso promove efeitos sobre a massa seca de raízes, em que foi observado que em vasos de menores volumes as plantas podem apresentar redução no crescimento do sistema radicular.

**Figura 3.2** – Imagem das raízes de *Phalaenopsis* sp. aos 424 dias após o transplante. Londrina – PR, 2018.



**Fonte:** o próprio autor.

O pH foi avaliado em cada coleta, porém os valores não se alteraram significativamente durante os 424 dias de experimento, com pH médio de  $5,5 \pm 0,2$ . A faixa de pH de 4,5 a 6,5 é indicada para o desenvolvimento de orquídeas (TAKANE; YANAGISAWA; PIVETTA, 2010). Do crescimento e desenvolvimento das plantas, o pH geralmente é reduzido (acidificação) devido à liberação de  $H^+$  por causa da absorção iônica da raiz (TAIZ; ZAIGER, 2009). Porém, nesse trabalho o substrato não apresentou esse comportamento, mantendo durante todo o tempo do experimento um valor de pH contante, provavelmente pela lavagem do

substrato durante as regas com água.

A condutividade elétrica inicial do substrato foi de  $400 \pm 50 \mu\text{S cm}^{-1}$  e ao final dos 424 DAT de  $454,75 \pm 65 \mu\text{S cm}^{-1}$ , não apresentando diferenças significativas entre as épocas de coleta. Segundo Takane, Yanagisawa e Pivetta (2010)  $500 \mu\text{S cm}^{-1}$  é o tolerado pelas orquídeas.

Devido a característica de crescimento monopodial da espécie em estudo, o único órgão da planta qual foi avaliado os teores de nutrientes, foram as folhas, devido a ausência do pseudobolbo, observado em orquídeas de crescimento simpodial. O acúmulo de macronutrientes nas plantas ocorreu na de forma diferente pas os minerais estudados (Figura 3.3).

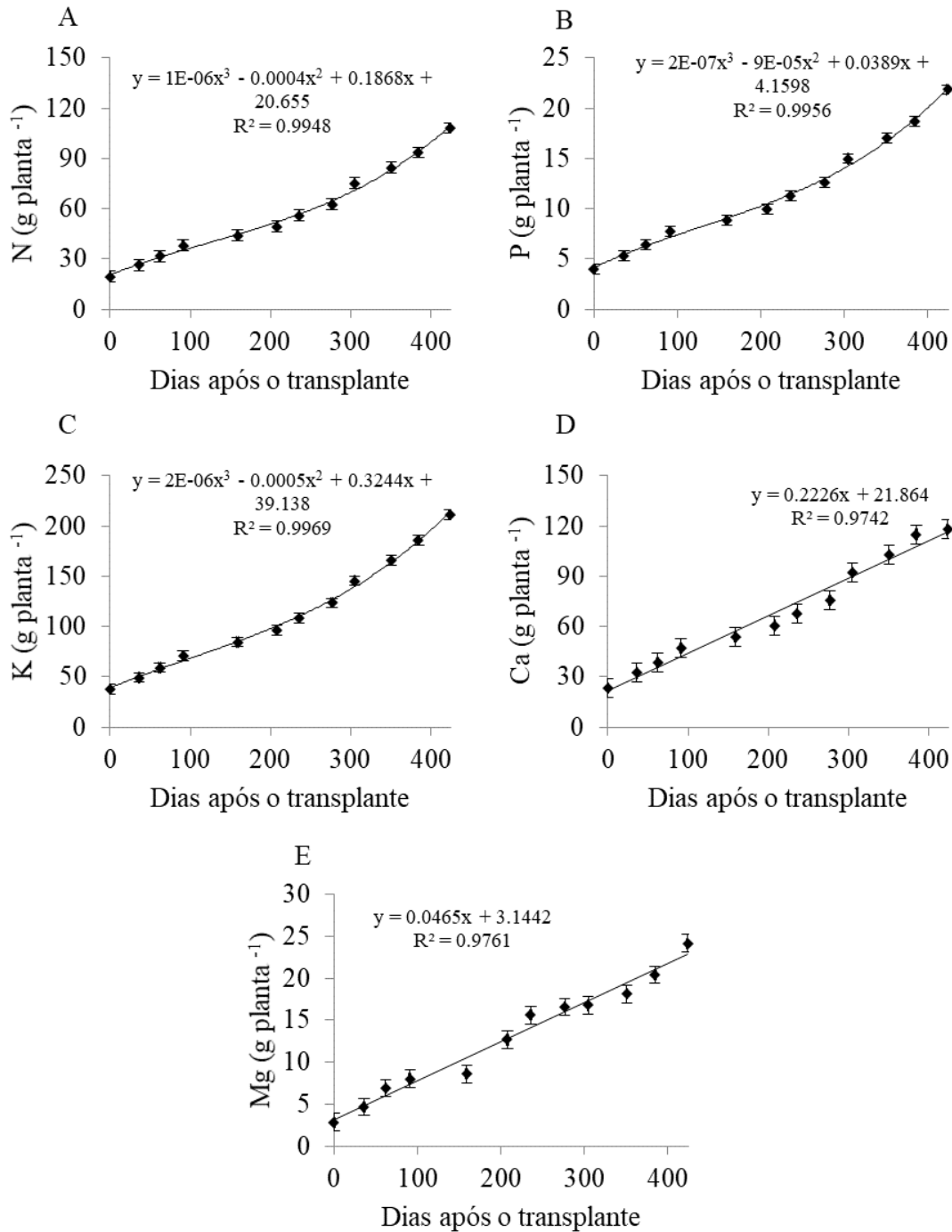
Para os minerais nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) o melhor ajuste significativo foi o polinômio de terceiro grau, com coeficientes de determinação superiores a 0,99 (Figura 3.3A, B e C). Os valores de N variaram de  $20,84 \text{ g planta}^{-1}$  aos 0 DAT à  $104,17 \text{ g planta}^{-1}$  aos 424 DAT, para P variaram de  $4,20 \text{ g planta}^{-1}$  aos 0 DAT à  $19,72 \text{ g planta}^{-1}$  aos 424 DAT e para K foram de  $39,46 \text{ g planta}^{-1}$  aos 0 DAT à  $239,25 \text{ g planta}^{-1}$  aos 424 DAT.

Os ajuste de terceiro grau indicaram que ao decorrer da análise de crescimento a taxa de acúmulo de NPK não é constante, com taxas menos acentuadas por volta dos 150 DAT aos 300 DAT.

Para o cálcio (Ca) e magnésio (Mg) o ajuste significativo foi a regressão linear, com coeficientes de determinação de 0,97 e 0,98, respectivamente (Figura 3.3D e E). Os valores iniciais de acordo com a linha de tendência, foram de 22,09 e  $3,19 \text{ g planta}^{-1}$ , as taxas de acúmulo por dia foram de  $0,22 \text{ g planta}^{-1}$  e o acumulado ao final dos 424 DAT de 116,25 e  $22,86 \text{ g planta}^{-1}$  para Ca e Mg, respectivamente.

O K foi o macronutriente que apresentou a maior taxa desde a primeira fertilização até 424 DAT, seguido pelo Ca e N que mantiveram taxas próximas, e P e Mg com as menores absorções. As plantas apresentaram relação N; P; K; Ca; Mg – 5,4; 1,1; 10,6; 5,9; 1,2. Ao final do experimento captação de macronutrientes pelas plantas, seguiram a ordem decrescente:  $\text{K} > \text{Ca} > \text{N} > \text{P} > \text{Mg}$ . Em *Dedrobiun nobile* após 360 dias de coletas, plantas fertilizadas com solução de Sarruge completa, aplicada 100mL por vaso na concentração de 75%, apresentou, ordem de acumo dos nutrientes diferente, sendo  $\text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{P}$  (ICHINOSE et al., 2018).

**Figura 3.3** - Curvas de acúmulo dos nutrientes: A – Nitrogênio (N), B – Fósforo (P), C – Potássio (K), D - Cálcio (Ca) e – Magnésio (Mg) na parte área de *Phalaenopsis* sp. cultivadas por 424 dias Londrina – PR, 2018.



Barra de erros: Desvio padrão.

Segundo Pan, Ye e Hew (1997), a relação de nutrientes encontrada nas orquídeas da espécie *Cymbidium* é, N: P: K - 6,0: 1,0: 9,0 nos tecidos vegetais. Para essa mesma espécie Poole e Sheehan (1982) relatam que a relação é, N: P: K - 2,5: 1,0: 2,0,

ocorrendo divergência entre os autores para a mesma espécie. Segundo os mesmos autores, para as *Phalaenopsis*, a relação encontrada foi N: P: K - 1,25: 1,0: 1,9, diferindo dos valores encontrados no presente experimento. Apesar da divergência dos valores, a relação dos nutrientes mais utilizados se manteve igual em ambos os trabalhos.

Soluções com concentrações semelhantes de N e K são indicadas para orquídeas em geral. Bichsel, Starman e Wang (2008), relatam que a fertilização com 100 mg L<sup>-1</sup> N, 25 mg L<sup>-1</sup> P e 100 mg L<sup>-1</sup> K é apropriada tanto para a vegetação quanto para a reprodução. Entretanto, concentrações mais altas de K são usadas para *Phalaenopsis*, então Wang (2007) indica fertilização com 300 mg L<sup>-1</sup> K combinada com 200 mg L<sup>-1</sup> N e P para crescimento e floração das plantas. Em relação ao P, estudos indicam que é o nutriente mais limitante para as epífitas, pois essas plantas são adaptadas para o uso eficiente desse nutriente; na natureza, as relações N: P que variam de 16: 1 a 14: 1 são comuns, mas quando as plantas são cultivadas, essa proporção é expressivamente reduzida (ZOTZ, 2004).

### 3.4 CONCLUSÕES

No final do experimento, aos 424 dias após o transplante, a captação de macronutrientes pelas plantas de *Phalaenopsis*, seguiram a ordem decrescente: K > Ca > N > Mg > P > S.

O pH e a condutividade elétrica do substrato não foram alteradas durante o período experimental, se mantendo dentro dos padrões da literatura.

#### **4 ARTIGO B: INFLUENCIA DA FERTILIZAÇÃO COM CÁLCIO NO CULTIVO DE *PHALAEOPSIS* (ORCHIDACEAE)**

##### **RESUMO**

As espécies do gênero *Phalaenopsis*, nos últimos anos, ganharam destaque no mercado de flores, sendo um dos gêneros favoritos entre os produtores. Visando redução no tempo de cultivo, aumento da qualidade e número de flores, a nutrição mineral vem sendo estudada cada vez mais. Nesse âmbito o cálcio recebe destaque devido suas funções nas membranas e paredes celulares que promove melhoria na qualidade e auxilia retardando a senescência de flores. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a influência da concentração de cálcio em solução nutritiva, no cultivo da orquídea *Phalaenopsis*. Mudanças micropropagadas de *Phalaenopsis* foram cultivadas em casa de vegetação com temperatura controlada, em vasos de polipropileno contendo como substrato uma mistura de casca de pinus e musgo (4:1; v:v), recebendo irrigação com 100 ml de água deionizada duas vezes por semana. As plantas receberam fertilizações quinzenais com solução nutritiva proposta por Hoagland e Arnon. A concentração de Ca da solução nutritiva utilizada foi modificada, e constituiu cinco tratamentos, que forneceram: 0 mM, 1,25 mM, 2,5 mM, 5 mM, 7,5 mM e 10 mM de Ca. Após vinte e quatro meses foram avaliados os seguintes parâmetros fitométricos: número de folhas, largura da maior folha, comprimento da maior folha, área foliar total, massa seca de folhas, massa seca de raízes, textura das folhas, número de flores e massa seca de flores. Da massa seca das folhas foram determinados os teores dos macronutrientes. Do substrato foram determinados o potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica. As variáveis foram submetidas a análise de variância a 5% de probabilidade de erro e posteriormente ajustadas aos modelos de Mitscherlich e polinomiais de primeiro e segundo grau pelo software estatístico R. A aplicação de concentrações crescentes de Ca aumentou o comprimento da folha, área foliar total, número de flores e massa seca de flores, até aproximadamente a concentração de 6,25 mM de Ca na solução nutritiva. A textura da folha e a condutividade elétrica do substrato apresentaram valores crescentes até aproximadamente a concentração de 2,5 mM de Ca, a partir desta concentração houve uma tendência a estabilização dos valores. Os teores de N e P apresentaram elevação com o aumento da concentração de Ca na solução nutritiva. A fertilização com 6,25 mM de Ca apresenta efeitos positivos sobre o crescimento e desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da orquídea *Phalaenopsis* sp. Não é possível observar sintomas visuais de deficiência nutricional de Ca, durante o desenvolvimento vegetativo.

**Palavras-chave:** Adubação. Floricultura. Nutrição de plantas.

#### 4 ARTICLE B: INFLUENCE OF CALCIUM FERTILIZATION IN THE *PHALAENOPSIS* CULTIVATION (*ORCHIDACEAE*)

##### ABSTRACT

The species of the genus *Phalaenopsis*, in recent years, have gained prominence in the flower market, being one of the favorite genera among producers. In order to reduce cultivation time, increase the quality and number of flowers, mineral nutrition has been studied more and more. In this context, calcium is highlighted due to its functions in membranes and cell walls, which promotes an improvement in quality and helps delay the senescence of flowers. Thus, the objective of this work was to determine the influence of calcium concentration in nutrient solution, on the cultivation of the orchid *Phalaenopsis*. Micropropagated *Phalaenopsis* seedlings were grown in a greenhouse at a controlled temperature, in polypropylene pots containing a mixture of pine bark and moss (4: 1; v: v) as substrate, receiving irrigation with 100 ml of deionized water twice a day. The plants received biweekly fertilizations with a nutrient solution proposed by Hoagland and Arnon. The Ca concentration of the nutrient solution used was modified, and constituted five treatments, which provided: 0 mM, 1.25 mM, 2.5 mM, 5 mM, 7.5 mM and 10 mM Ca. After twenty-four months, the following phytometric parameters were evaluated: number of leaves, width of the largest leaf, length of the largest leaf, total leaf area, dry leaf weight, dry root weight, leaf texture, number of flowers and dry weight of flowers. The dry matter content of the leaves was determined by macronutrients. From the substrate, the hydrogen potential (pH) and electrical conductivity were determined. The variables were subjected to analysis of variance at 5% probability of error and subsequently adjusted to the Mitscherlich models and first and second degree polynomials by the statistical software R. The application of increasing concentrations of Ca increased the leaf length, total leaf area, number of flowers and dry mass of flowers, up to approximately the concentration of 6.25 mM of Ca in the nutrient solution. The texture of the leaf and the electrical conductivity of the substrate showed increasing values up to approximately the concentration of 2.5 mM of Ca, from this concentration there was a tendency to stabilize the values. The levels of N and P increased with increasing Ca concentration in the nutrient solution. Fertilization with 6.25 mM of Ca has positive effects on the growth and vegetative and reproductive development of the orchid *Phalaenopsis* sp. It is not possible to observe visual symptoms of nutritional deficiency of Ca during vegetative development.

**Key words:** Fertilization. Floriculture. Nutrition of plants.

#### 4.1 INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Phalaenopsis* são conhecidas popularmente como orquídea borboleta, devido suas flores possuir formato que lembra uma mariposa de asas abertas (TUSKES; TUSKES, 2002). São plantas epífitas de crescimento monopodial, suas folhas possuem textura coriácea e chega medir até 46 cm de comprimento. As folhas são suculentas e servem como tecido de reserva de água e nutrientes (PRIDGEON, 2001).

Desde 2007 o gênero *Phalaenopsis* é considerado como uma das principais plantas comercializadas no Brasil (JUNQUEIRA; PEETZ, 2007). Nos últimos anos, alcançou alto valor comercial, tornando-se um gênero favorito entre os produtores e os compradores. Este crescimento de mercado deve-se a algumas características deste gênero como: rápido crescimento, cerca de dois anos até o primeiro florescimento; produção de até 2 hastes multifloridas, com mais de 8 flores cada; duração aproximada de 3 meses das flores; riqueza de cultivares com diversidade de cores, formas e tamanho das flores (TAKANE; YANAGISAWA; VENDRAME, 2015).

O vigor, quantidade e qualidade das flores em espécies ornamentais é diretamente influenciada pela nutrição mineral. Porém às exigências nutricionais dessas espécies ainda não estão bem estabelecidas, resultando na baixa eficiência do uso de fertilizantes, por não disponibilizar os nutrientes conforme as necessidades de cada espécie, bem como épocas inadequadas de aplicação, o que resulta na elevação dos custos de produção falta de padronização para venda, além da redução da qualidade final dos produtos (NETO et al., 2015).

Segundo a literatura, para alcançar alta eficiência na produção de *Phalaenopsis* é recomendada a fertilização com: 150 - 200 mg L<sup>-1</sup> de N; 200 - 300 mg L<sup>-1</sup> de K; e 20 - 50 mg L<sup>-1</sup> de P (WANG, 2007). Entretanto, Rodrigues (2011) destaca que, no cultivo de *Laelia* sp., fertilizantes minerais devem ser suplementados com fontes de Ca. De acordo com Hoshino et al. (2016), a fertilização orgânica pode ser uma alternativa na suplementação de fertilizantes NPK, visando melhorar o equilíbrio nutricional. Todavia o estabelecimento de uma concentração de referência para a fertilização com Ca permanece desconhecida para *Phalaenopsis*.

Um método mais preciso de se estudar a necessidade dos nutrientes pelas plantas é através da utilização de soluções nutritivas, as quais são utilizadas na fertirrigação, sendo compostas por vários elementos em diferentes concentrações. Dentre os nutrientes necessários para que uma planta complete seu ciclo, o cálcio (Ca) está no grupo dos exigidos

em maior quantidade. O Ca atua na planta em vários processos desde o crescimento até a senescência, é um nutriente que influencia na permeabilidade das membranas e na estrutura da parede celular (HALEVY et al., 2001). Sendo importante na qualidade de plantas com flores para vaso ou corte, pois auxilia retardando a senescência de flores (PESSOA, 2011)

Segundo Barbosa et al. (2009) é importante levar em consideração que o incremento de qualquer elemento, como o cálcio nas soluções de fertirrigação pode interferir na absorção e concentração dos outros nutrientes nas plantas, podendo causar deficiência induzida ou quando em excesso, toxidez nos tecidos foliares. Sendo assim o objetivo do trabalho foi determinar a influência da concentração de cálcio em solução nutritiva, no cultivo da orquídea *Phalaenopsis*.

#### 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação climatizada, modelo Poly-vento, coberta com placas de policarbonato com 50% de retenção luminosa e sombreamento por Aluminet® 50% com temperatura controlada através do sistema Pad-Fen a  $28 \pm 3^\circ\text{C}$ , localizada no Departamento de Agronomia, na Universidade Estadual de Londrina - UEL, longitude  $51^\circ 11'$  oeste e latitude  $23^\circ 23'$  sul, e altitude de 566m.

As plantas utilizadas foram mudas da orquídea *Phalaenopsis* spp. com seis meses de idade, provenientes da sementeira *in vitro*. Os tamanhos das plantas foram padronizados, com aproximadamente 2 folhas,  $4 \pm 0,2$  cm de comprimento da maior folha,  $0,48 \pm 0,2$  e  $0,11 \pm 0,05$  gramas de massa seca de parte aérea e raiz respectivamente.

As plantas foram transplantadas em vaso de polipropileno de coloração preta com capacidade de 0,75 L. Como substrato foi utilizado uma mistura casca de pinus e esfagno (4:1; v:v). A casca de pinus utilizada foi proveniente de reflorestamento e para sua utilização foi previamente compostada e peneirada entre peneiras com crivo de 1,5 e 0,5 cm.

A irrigação foi efetuada duas vezes por semana, aplicando-se 100 mL de água deionizada por rega. A fertilização das plantas foi realizada em intervalos de 15 dias, aplicando-se 50 mL por vaso de uma solução nutritiva contendo: 15 mM de nitrogênio (N); 1 mM de fósforo (P); 6 mM de potássio (K); 2 mM de magnésio (Mg); 2 mM de enxofre (S); 300  $\mu\text{M}$  de boro (B); 20  $\mu\text{M}$  de cobre (Cu); 180  $\mu\text{M}$  de ferro (Fe); 9  $\mu\text{M}$  de manganês (Mn); 0,8  $\mu\text{M}$  de zinco (Zn) e 0,1  $\mu\text{M}$  de molibdênio (Mo). de acordo com as concentrações propostas por Hoagland e Arnon (1950). A concentração de Ca da solução nutritiva utilizada foi modificada,



e constituiu 5 tratamentos, que forneceram: 0 mM, 1,25 mM, 2,5 mM, 5 mM, 7,5 mM e 10 mM de Ca.

Após 24 meses as plantas foram removidas dos vasos e lavadas em água corrente, posteriormente as mesmas foram seccionadas em parte aérea, raiz e flores. Os diferentes órgãos foram lavados em água destilada para posterior avaliação dos seguintes parâmetros fitométricos: número de folhas, largura da maior folha, comprimento da maior folha, área foliar total, massa seca de folhas, massa seca de raízes, textura das folhas, número de flores e massa seca de flores. Foram determinados os teores dos macronutrientes. Do substrato foram determinados o potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica.

O número de folhas e flores foi obtido por contagem, a largura e comprimento da maior folha foram mensurados na maior largura e maior comprimento, da maior folha da planta com auxílio de paquímetro digital, a massa seca de raízes, folhas e flores foi obtida após secagem dos tecidos em estufa de ventilação forçada a 55°C, até atingir massa constante e posterior pesagem em balança analítica, com precisão de 0,001g. A análise de textura foi realizada em um texturômetro ((TA-XT, EXPRESS Enhanced, Stable Micro Systems) de acordo com a metodologia descrita por Kim et al. (2012) com algumas modificações. Para o teste foi utilizado um probe de perfuração/punctura de 1mm

A partir dos tecidos secos foi feita a determinação dos teores de macronutrientes na parte aérea. Os tecidos da parte aérea foram moídos, em moinho analítico modelo A11 IKA® e os teores dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) quantificados. A partir da digestão nitroperclórica foi quantificado o P por colorimetria; Ca, Mg por espectrofotometria de absorção atômica e o K por fotometria de chama. O teor de N foi obtido mediante digestão sulfúrica e quantificado pelo método de Kjeldahl conforme metodologias descritas por Silva (2009). Os resultados dos macronutrientes foram expressos em g kg<sup>-1</sup>.

A determinação de pH e condutividade elétrica foram realizadas seguindo metodologia descrita em Abreu et al. (2007), pelo método de extração 1:2 (v:v) de substrato e água deionizada, e mensurados com o auxílio de um pHmetro e condutivímetro portátil.

O delineamento foi inteiramente casualizado, com 10 repetições por tratamento, no qual um vaso contendo uma planta foi considerado uma unidade experimental. As variáveis analisadas que apresentaram homocedasticidade e normalidade pelos testes de Hartley e Shapiro-Wilk, foram submetidas a análise de variância a 5% de probabilidade de erro e posteriormente ajustadas aos modelos de Mitscherlich e polinomiais de primeiro e segundo graus pelo software estatístico R.

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento vegetativo não apresentou alterações significativas para as variáveis, número de folhas (n°Fo), largura da maior folha (LMF), massa seca de folhas (MSF), massa seca de raiz (MSR) e pH do substrato, em função da aplicação de diferentes concentrações de Ca em solução nutritiva (Tabela 4.1).

**Tabela 4.1** - Análise de variância das características fitométricas: número de folhas (n°Fo), largura da maior folha (LMF), comprimento da maior folha (CMF), área foliar total (AFT), massa seca de folhas (MSF), massa seca de raízes (MSR), textura das folhas (TX), número de flores (n°Fl), massa seca de flores (MSFl), potencial hidrogeniônico do substrato (pH), e condutividade elétrica do substrato (Cond), de *Phalaenopsis* sp. fertirrigadas com solução de Hoagland e Arnon modificada com concentrações crescentes de Ca. Londrina – PR, 2020.

	n°Fo	LMF	CMF	AFT	MSF	MSR	TX	n°Fl	MSFl	pH	Cond
QM	0,93	1,21	5,31	18180	2,71	1,04	235,4	26,75	3,12	0,21	61744
QMR	1,03	0,58	1,84	1387	1,47	3,29	2,11	4,78	0,85	0,43	13737
pValor	0,49	0,09	0,03	<0,01	0,13	0,90	<0,01	<0,01	<0,01	0,78	<0,01
CV (%)	21,55	9,94	9,42	9,13	23,14	31,58	5,34	18,21	42,25	15,85	23,15

QM: Quadrado médio de tratamento.

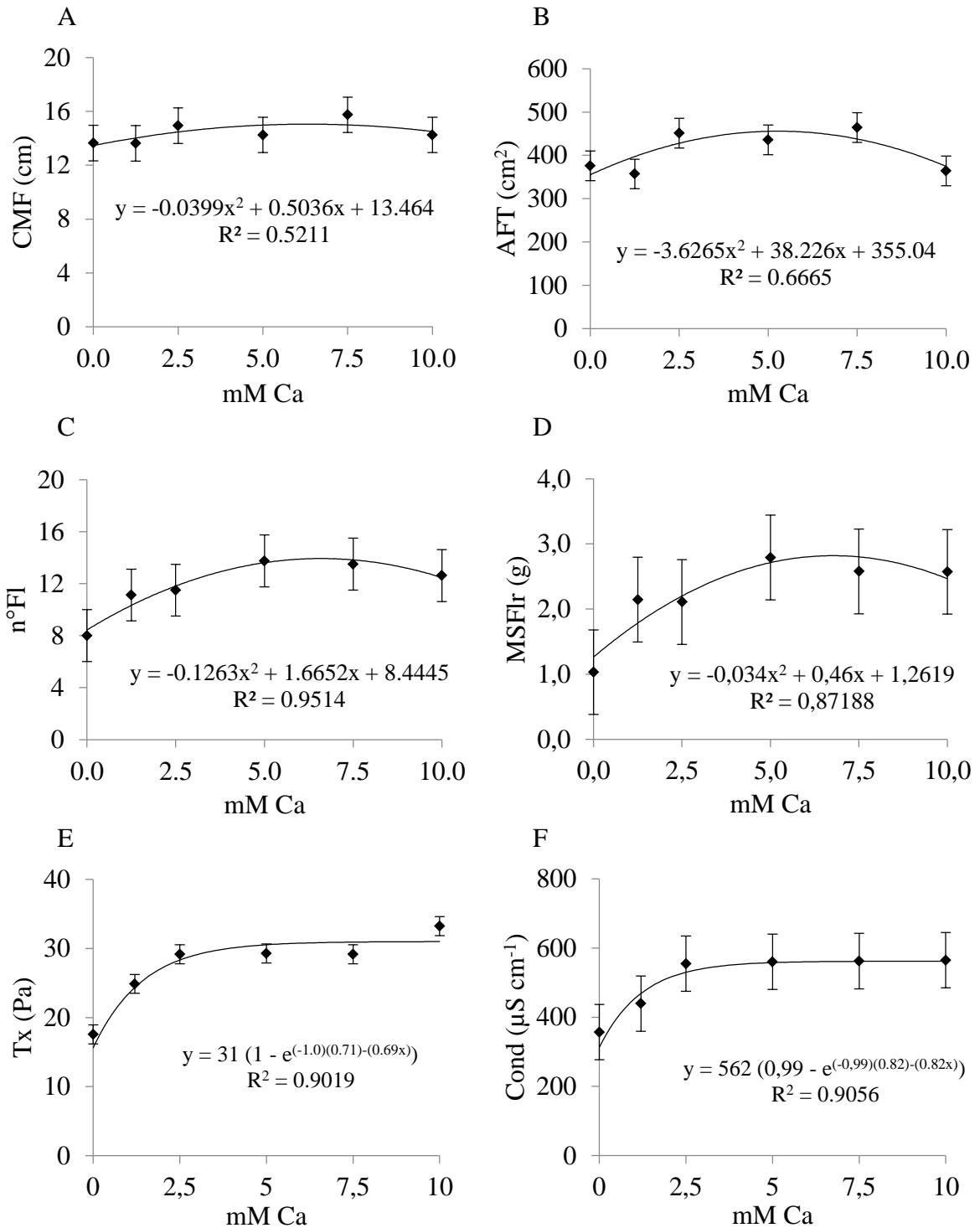
QMR: Quadrado médio do resíduo.

CV (%): Coeficiente de variação.

O comprimento da maior folha (CMF) e área foliar total (AFT) apresentaram comportamento quadrático, com aumento máximo estimado na concentração de 6,31 mM de Ca (CMF) e 5,27 mM de Ca (AFT). Nestas concentrações estima-se que o comprimento da maior folha aumentou de 13,5 cm para 15,5 cm e a área foliar elevou-se de 355 cm<sup>2</sup> para 455 cm<sup>2</sup> (Figura 4.1 A e B).

As variáveis reprodutivas também apresentaram resposta quadrática. Na ausência de Ca (0,0 mM) as plantas que floresceram apresentaram em média 8 flores (n°Fl), e massa seca das flores de 1,0 g (MSFlr). Estas variáveis se elevaram até os pontos de máxima nas concentrações de 6,59 mM e 6,76 mM de Ca para n°Fl e MSFlr respectivamente, nestas concentrações estima-se que as plantas apresentem em média 14 flores e 2,8 g de massa seca (Figura 4.1 C e D).

**Figura 4.1** - Ajustes de regressão, para as variáveis: A - comprimento da maior folha (CMF), B - área foliar total (AFT), C - número de flores (n°Fl), D - massa seca de flores (MSFlr), E - textura das folhas (Tx) e F - condutividade elétrica do substrato (Cond), de *Phalaenopsis* sp. fertirrigadas com solução de Hoagland e Arnon modificada em função de concentrações crescentes de Ca. Londrina – PR, 2018.



mM Ca: Concentração (mili molar de cálcio);  
Barra de erros: Desvio padrão.

A textura da folha (Tx) e a condutividade elétrica do substrato (Cond) apresentaram, inicialmente, elevação e estabilização posterior, ajustando-se ao modelo de Mitscherlich, (incremento decrescente) (Figura 4.1 E e F). Na ausência de Ca, a textura da folha apresentou resistência de 17,5 Pa, atingindo na concentração de 2,5 mM Ca uma média de 29,2 Pa, valores que se mantiveram próximos a partir deste ponto.

Para a condutividade elétrica do substrato foi observado na ausência de Ca uma média de 356 uS cm<sup>-1</sup>, valor que se elevou para 555 uS cm<sup>-1</sup>, na concentração de 2,5 mM de Ca. Assim como na textura os valores tendem a se manterem constantes independente do aumento das concentrações de Ca.

Para as variáveis químicas, os teores foliares dos macronutrientes N, P e Ca apresentaram diferenças significativas em função das concentrações de Ca, porém os Mg e K não foram alterados (Tabela 4.2).

**Tabela 4.2** - Análise de variância das características nutricionais nitrogênio (N), fosforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) de *Phalaenopsis* sp. fertirrigadas com solução de Hoagland e Arnon modificada com concentrações crescentes de Ca. Londrina – PR, 2018.

	N	P	K	Ca	Mg
QM	76,56	3,39	14,43	441,81	10,05
QMR	0,82	0,20	13,84	6,71	0,51
pValor	<0,01	<0,01	0,41	<0,01	0,10
CV (%)	10,85	15,87	14,32	14,64	13,11

QM: Quadrado médio de tratamento.

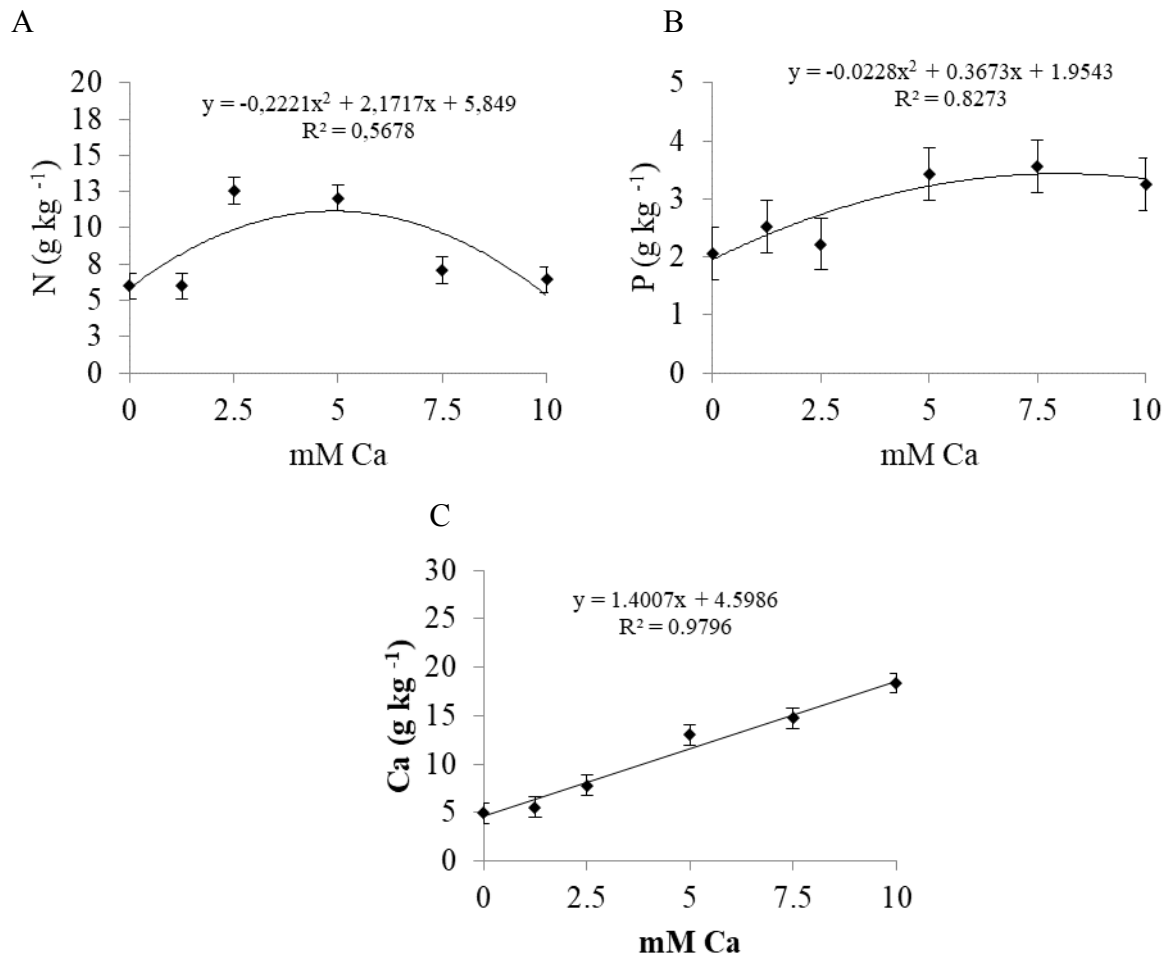
QMR: Quadrado médio do resíduo.

CV (%): Coeficiente de variação.

O N e P apresentaram elevações nos teores até a concentração de máximo em 4,9 mM e 8,1 mM de Ca respectivamente. Estima-se que os teores de N se elevaram de 5,8 g Kg<sup>-1</sup> para 11,2 g Kg<sup>-1</sup> e os teores de P foram de 2,0 g Kg<sup>-1</sup> para 3,4 g Kg<sup>-1</sup>, partindo da concentração de 0,0 mM de Ca até os respectivos pontos de máxima (Figura 4.2 A e B).

O teor de Ca apresentou incremento linear com ganhos de 1,4 g Kg<sup>-1</sup> a cada acréscimo de 1,0 mM na concentração de Ca da solução nutritiva. Na ausência de Ca os teores foliares observados apresentaram 4,9 g Kg<sup>-1</sup> e elevaram-se até 18,4 g Kg<sup>-1</sup> na maior concentração (10 mM Ca) (Figura 4.2 C).

**Figura 4.2** - Ajustes de regressão para os nutrientes: A - nitrogênio (N), B – fosforo (P) e C – cálcio (Ca) de *Phalaenopsis* sp. fertirrigadas com solução de Hoagland e Arnon modificada em função de concentrações crescentes de Ca. Londrina – PR, 2018.



mM Ca: Concentração (mili molar de cálcio);  
Barra de erros: Desvio padrão.

Com relação ao crescimento vegetativo as plantas apresentaram aspecto visual saudável, sem sintomas de deficiência, mesmo no tratamento sem Ca, chegando a florescer, porém com qualidade de florescimento inferior. Vale destacar que as características vegetativas foram pouco alteradas, mesmo sendo observado incrementos lineares nos teores foliares de Ca.

Em *Epidendrum ibaguense*, doses de calcário sobre o substrato resultaram em elevação dos teores de Ca foliares de 3,81 para 19,91 g Kg<sup>-1</sup>, e ganhos nas variáveis massa seca de folhas e pseudobulbo, as quais apresentaram pontos de máximo quadrático em teores foliares próximos a 19,6 g Kg<sup>-1</sup> e para a massa de raízes os autores não observaram efeitos significativos (RODRIGUES et al., 2010b).

No presente trabalho os teores foliares de Ca elevaram-se de 4,9 a 18,4 g Kg<sup>-1</sup>, contudo considerando as características fotométricas avaliadas (CMF, AFT, n°Flr e MSFlr), os valores indicam que a concentração de 6,25 mM de Ca é adequada, e nessa concentração estima-se que os teores foliares apresentem uma concentração de 13,4 g Kg<sup>-1</sup>. Além disso, em nossos resultados também não foi possível observar diferenças na massa de raízes em função do aumento na concentração de Ca, bem como para outras características vegetativas.

Efeitos pouco pronunciados no crescimento vegetativo são relatados na literatura. Em *Laelia* sp. a combinação entre nitrato de cálcio e NPK 20-20-20 (Peters®), elevou os teores foliares de Ca de 6,0 g Kg<sup>-1</sup> (somente NPK) para 11,2 g Kg<sup>-1</sup>, na combinação, porém não houveram alterações na massa seca de raízes e parte aérea (RODRIGUES et al., 2010b). Contudo os autores destacam que a suplementação com fontes de Ca nas fertilizações NPK é indicada para evitar a deficiência.

Wang 2007, observou que até mesmo para o K, o elemento mais demandado em *Phalenopsis*, de acordo com Arditti (1992) teores de suficiência foliar variam de 40-60 g Kg<sup>-1</sup> para o K e 15-25 g Kg<sup>-1</sup> para o Ca, as plantas apresentam crescimento vegetativo com aparência saudável mesmo em condições de deficiência de K, os sintomas somente são observados após o período reprodutivo. Deste modo possíveis sintomas de deficiência ou variações fitométricas significativas somente são esperadas após o florescimento.

Wang (1998), comparando os efeitos entre regas com água de torneira, que continha 51,3 mg L de Ca (1,28 mM), e água deionizada observou elevações lineares nos teores foliares de Ca, que variaram de 26 para 35 g Kg<sup>-1</sup>, porém os teores dos demais nutrientes não foram alterados. Os mesmos autores relataram aumento linear no número de flores (27 para 31), e ajuste quadrático para a área foliar, com máximo observado em 1,0 mM de Ca na água de rega, além de fertilizações com 2,5 mM de cálcio (nitrato de cálcio), as quais foram iguais em todos os tratamentos.

Estes resultados indicam a importância da nutrição com Ca para a fase reprodutiva. De acordo com Farinelli et al. (2008), o Ca além de participar na divisão e na alongação celular, com função cimentante, ligando uma célula à outra, na forma de pectato de cálcio, melhora a qualidade e o pegamento das floradas. Além disso, o cálcio desempenha papel importante na morfogênese, associando-se a substâncias reguladoras de crescimento como as citocininas, atuando principalmente nas áreas onde está ocorrendo diferenciação de meristemas, como gemas florais (ARRUDA et al., 2000).

Segundo Faquin (2005), o Ca é um nutriente imprescindível para a fixação dos botões florais e fecundação das flores, apresentando maior demanda nestes órgãos em

detrimento de partes vegetativas. Efeito que está de acordo com os resultados observados, como aumento no número e massa de flores.

Wang (2008), relata a redução da massa fresca de raízes, devido a efeitos negativos da alta condutividade elétrica da água obtida em seus resultados (1100 uS cm). O efeito negativo mais comum da salinidade é injúria das raízes, que se inicia das pontas até a base tornando-as ocas, porém a tolerância a salinidade varia de acordo com o substrato utilizado que pode reter uma maior ou menor quantidade de sais, além das frequências de rega.

Não houve sintomas de injúrias por salinidade em nossos resultados, devido a utilização de duas regas com água deionizada entre as realizações. Segundo Takane, Yanagisawa e Pivetta (2010), 500  $\mu\text{S cm}^{-1}$  de condutividade elétrica do substrato, é o tolerado pelas orquídeas, neste trabalho foram encontrados valores pouco superiores a esse limite, com valor médio máximo observado de 600  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , porém essa elevação não causou danos visíveis as plantas.

O cálcio como componente da parede celular é essencial na formação e estabilidade das células (MARSCHNER, 1995), de acordo com Rodrigues et al. (2002), plantas deficientes em Ca são mais susceptíveis a doenças e podem apresentar morte das gemas e brotos em desenvolvimento. Este efeito está relacionado a espessura da parede celular e a rigidez das células, variável mensurável pela textura, que se mostrou inferior nas menores concentrações (0,0 mM, e 1,25 mM de Ca), que pode indicar fornecimento insuficiente de Ca.

Avaliando a textura de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L) sobre o efeito da aplicação de concentrações crescentes de cálcio via absorção radicular, Favaro e Ida (1998) observaram que houve aumento na textura das folha de feijão com a adição de cálcio à solução de cultivo, fato esse que contribuí com a tendência de maior firmeza das folhas e das vagens.

Com relação a interação entre os nutrientes tanto o P como o N foram favorecidos com o aumento das concentrações de Ca, estima-se que na concentração indicada para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (6,25 mM), os teores de N e P sejam 10,7 e 3,3 g  $\text{Kg}^{-1}$  respectivamente. De acordo com Wang e Know (2002), a utilização de 200 mg  $\text{L}^{-1}$  de N resultou em plantas com os melhores desempenhos vegetativos, nas quais as plantas apresentaram teores foliares variando de 11,5 a 16,0 g  $\text{Kg}^{-1}$ . Para o P os teores de suficiência variam de 2,0 a 3,0 g  $\text{Kg}^{-1}$  (ARDITTI, 1992).

O N está presente estruturalmente em diversas moléculas essenciais no metabolismo vegetal como, proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, além de outras funções celulares, estando diretamente ligada com o crescimento vegetal e acúmulo de massa seca. O P é componente de fosfato-açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como os

fosfolipídios que compõem as membranas vegetais, além de ser componente do DNA, RNA e de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas, como o ATP (MALAVOLTA, 2007). Assim, a nutrição adequada com Ca contribuiu com o equilíbrio destes nutrientes.

#### 4.4 CONCLUSÕES

A fertilização com 6,25 mM de Ca apresenta efeitos positivos sobre o crescimento e desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da orquídea *Phalaenopsis* sp.

A deficiência em Ca resulta na redução do número de flores, o que afeta a qualidade do florescimento; e diminuição da firmeza (textura) das folhas em *Phalaenopsis* sp.

Não é possível observar sintomas visuais de deficiência nutricional de Ca, durante todo o desenvolvimento vegetativo.

A fertilização com 200 - 250 mg L<sup>-1</sup> de Ca é recomendada.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação a curva de crescimento e marcha de absorção de nutrientes, foi possível estabelecer diferentes períodos de crescimento das plantas, além de possibilitar a recomendação de fertilização com base na exigência nutricional adequada a cada período de crescimento das plantas de *Phalaenopsis* sp. A partir desses resultados é possível desenvolver uma formulação específica e adequada pra *Phalaenopsis* sp.

Ficou demonstrado a partir deste trabalho que o cálcio influencia tanto na floração como na textura e rigidez das folhas da orquídea *Phalaenopsis* sp. Estudos que avaliem e descrevam como a nutrição com o cálcio influencia na longevidade e qualidade das floradas, e a relação da textura das folhas com a resistência a pragas e doenças podem ser realizadas.

Dessa forma ainda precisam ser desenvolvidos trabalhos com essa espécie em relação a nutrição com os nutrientes Mg, S e Micronutrientes, uma vez que na literatura já esta descritos trabalhos com N, P e K e nesse presente trabalhos estudo com Ca. Em relação ao micronutrientes, estudos prévios a esta tese, mostraram que não houve diferença na utilização de doses desses em *Phalaenopsis* sp na presente condições de cultivo.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; SARZI, I.; JUNIOR PADUA, A.L.P. Extratores aquosos para a caracterização química de substratos para plantas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 25, n. 2, p. 184-187. 2007.
- AN, H.R.; KIM, Y.J.; KIM, K.S. Flower initiation and development in *Cymbidium* by night interruption with potassium and nitrogen. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 53, n. 3, p. 204-211, 2012.
- ARAÚJO, A.G.; PASQUAL, M.; RODRIGUES, F.A.; CARVALHO, J.G.; ZARRAGA, D.Z.A. Fontes de nitrogênio no crescimento *in vitro* de plântulas de *Cattleya loddigesii* Lindl.(Orchidaceae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 31, n. 1, p. 35-39, 2009.
- ARDITTI, J. **Fundamentals of orchid biology**. New York: John Wiley and Sons, 1992.
- ARRUDA, S.C.C.; SOUZA, G.M.; ALMEIDA, M.A.; GONÇALVES, A.N. Anatomical and biochemical characterization of the calcium effect on *Eucalyptus urophylla* calli morphogenesis *in vitro*. **Plant Cell, Tissue, and Organ Culture**, v. 63, n. 4, p. 143-154, 2000.
- BARBOSA, Z; SOARES, I; CRISÓSTOMO, L.A.; Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de gravioleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 519-522, 2003.
- BARBOSA, M.S., BARBOSA, J.G., MARTINEZ, H.E.P., GROSSI, J.A.S., REIS, F.P., PONTES, T.M., RAIMUNDO, M.R. Concentração de nutrientes em crisântemos de corte, cultivados em hidroponia, sob diferentes doses de cálcio. **Bioscience Journal**. v. 25, n. 2, p. 46-54. 2009
- BARBOSA, J.G.; MUNIZ, M.A.; MESQUITA, D.Z.; COTA, F.O.; BARBOSA, J.M.; MAPELI, A.M.; PINTO, C.M.F.; FINGER, F.L. Doses de solução nutritiva para fertirrigação de pimentas ornamentais cultivadas em vasos. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 17, n. 1, p. 29-36, 2011.
- BARROS, F.; VINHOS, F.; RODRIGUES, V.T.; BARBAREMA, F.F.V.A.; FRAGA, C.N. Orchidaceae. In: FORZZA, R.C., LEITMAN, P.M., COSTA, A., CARVALHO JR, A.A.D., PEIXOTO, A. L., WALTER, B.M.T., ..., MARTINELLI, G. (Org). **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio – Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 1344-1426, 2010.
- BARROS, F.; VINHOS, F.; RODRIGUES, V.T.; BARBERENA, F.F.V.A.; FRAGA, C.N.; PESSOA, E.M.; FORSTER, W.; MENINI NETO, L.; FURTADO, S.G.; NARDY, C.; AZEVEDO, C.O.; GUIMARÃES, L.R.S. **Orchidaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. 2019. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB179>> Acessado em 15 de dez. 2019.
- BERNARDI, A.C.; FARIA, R.T.; CARVALHO, J.F.R.P.; UNEMOTO, L.K.; ASSIS, A.M. Desenvolvimento vegetativo de plantas de *Dendrobium nobile* Lindl. fertirrigadas com diferentes concentrações da solução nutritiva de sarruge. **Semina: Ciências Agrárias**, v.25, n.1, p. 13-20, 2004.

BICHSEL, R.G.; STARMAN, T.W.; WANG, Y.T. Nitrogen, phosphorus, and potassium requirements for optimizing growth and flowering of the *Dendrobium nobile* as a potted orchid. **HortScience**, v. 43, n. 2, p. 328-332, 2008.

CAMARGO, M.S.; MELLO, S.C.; ANTI, G.R.; CARMELLO, Q.A.C. Crescimento e absorção de nutrientes pelo *Aster ericoides* cultivado em solo sob estufa. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 271-274, 2005.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.

FARIA, R.T.; ASSIS, A.M.; UNEMOTO, L.K.; CARVALHO, J.F.R.P. Polinização e obtenção de sementes. In: FARIA, R.T. et al. **Produção de Orquídeas em Laboratório**. Londrina: Mecenas, p. 50, 2012.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; SOUZA, F.S.; PIEDADE, A.R.; LEMOS, L.B. Características agrônômicas e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de feijão adubados via foliar com cálcio e boro. **Científica**, v. 34, n.1, p. 59-65, 2008.

FÁVARO, S.P.; IDA, E.L. Textura de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L) processado ou não: efeito da aplicação de concentrações crescentes de cálcio via absorção radicular. **Food Science and Technology**, v. 18, n. 2, p. 188-192, 1998.

FRANÇA, C.A.M.; MAIA, M.B.R. Panorama do agronegócio de flores e plantas ornamentais no Brasil. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Universidade Federal de Rondônia-UNIR, 2008.

GOVAËRTS, R. **World checklist of selected plant families**. Orchidaceae. Kew Royal Botanic Gardens. 2012. Disponível em: <<http://www.kew.org/science/directory/teams/MonocotsIII/index.html>> Acessado em 12 jun. de 2018.

HALEVY, A.H.; TORRE, S.; BOROCHOV, A.; PORAT, R. Calcium in regulation of postharvest life of flowers. **Acta Horticulturae**, v. 54, n. 3, p. 345-341, 2001.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil**. **Cir. 347**. Univ. of Calif. Agric. Station, Berkeley, 1950.

HOSHINO, R.T.; ALVES, G.A.C.; BARZAN, R.R.; FREITAS FREGONEZI, G.A.; FARIA, R.T. Agricultural fertilizers applied as nutrient solution in *Cattleya labiata* Lindl. **Ornamental Horticulture**. v. 22, n. 2, p. 208-214, 2016.

ICHINOSE, J.G.; MANTOVANI, C.; GUEDES, R.B.M.; PIVETTA, K.F.L.; FARIA, R.T.; BÔAS, R.L.V.; HOSHINO, R.T. Plant development and nutrient uptake rate in *Dendrobium nobile* Lindl. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 15, p. 1937-1945.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA) SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO (São Paulo, SP) a. **Floricultura: Comportamento do comércio exterior brasileiro no primeiro semestre de 2004**. 2004. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=1420>>. Acesso em: 14 mar 2019.

JIMÉNEZ-PEÑA, N.; VALDEZ-AGUILAR, L.A.; CASTILLO-GONZÁLEZ, A.M.; COLINAS-LÉON, M.T.; CARTMILL, A.D.; CARTMILL, D.L. Growing media and nutrient solution concentration affect vegetative growth and nutrition of *Laelia anceps* Lindl. **HortScience**, v. 48, n. 6, p. 773-779, 2013.

JUNQUEIRA, A. H; PEETZ, M. S. **Consumo de flores e plantas ornamentais no Brasil**. Jornal entreposto, São Paulo, 2013. Disponível em: <[http://www.hortica.com.br/artigos/2014/Consumo\\_Interno\\_Flores\\_2013.pdf](http://www.hortica.com.br/artigos/2014/Consumo_Interno_Flores_2013.pdf)>. Acessado em 04 de jul. de 2018.

JUNQUEIRA, A.H.; PEETZ, M. Intellectual property rights in Brazilian floriculture: innovations for the growth and development of the market. **Ornamental Horticulture**, v. 23, n. 3, p.296-306, 2017.

JUNQUEIRA, A. H; PEETZ, M. S. **2013: Balanço do comércio exterior da floricultura brasileira**. Hórtica, São Paulo, 2014. Disponível em: <[http://www.hortica.com.br/artigos/2014/2013\\_Comercio\\_Exterior\\_Floricultura.pdf](http://www.hortica.com.br/artigos/2014/2013_Comercio_Exterior_Floricultura.pdf)>. Acessado em 04 de jul. de 2018.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2006.

KERBAUY, G. B. **Biofábrica de orquídeas**: biofábrica produção industrial de plantas “in vitro”. Araras: UFSCar, 1995.

KIM, E.H.J.; CORRIGAN, V.K.; WILSON, A.J.; WATERS, I.R.; HEDDERLEY, D.I.; MORGENSTERN, M.P. Fundamental fracture properties associated with sensory hardness of brittle solid foods. **Journal of Texture Studies**, v. 49, n. 1, p. 49–62, 2012.

KVET, J.J.; ONDOK, J.P.; NEVAS, J.; JARVIS, P.G. Methods of growth analysis: manual of methods. In: SESTÁK, Z.; CATSKÝ, J.; JARVIS, P. G. (Ed.). **Plant photosynthetic production**. The Hague University: W. Junk, 1971. p. 343-391.

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J.L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C.P.; HEINRICH, R.; SILVEIRA, J.S.M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 37, n. 7, p. 1017-1022, 2002.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2<sup>ed</sup>. Orlando: Academic Press, 2005.

MILLER, D.; WARREN, R. **Orquídeas do alto da serra: da mata atlântica pluvial do sudeste do Brasil**. Rio de Janeiro: Salamandra, 1996.

NAIK, S.K.; BHARATHI, T.U.; BARMAN, D.; DEVADAS, R.; RAM, P.; MEDHI, R.P. Status of mineral nutrition of orchid-a review. **Journal of Ornamental Horticulture**, v. 12, n. 1, p. 1-14, 2009.

NAIK, S.K.; BARMAN, D.; RAMPAL; MEDHI, R. P. Evaluation of electrical conductivity of the fertiliser solution on growth and flowering of a *Cymbidium* hybrid. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 30, n. 1, p. 33-39, 2013.

NELL, T.A.; BARRET, J.E.; LEONARD, R.T. Production factor affecting post production quality of flowering potted plants. **Hort Science**, v.32, p.817-819, 1997.

NETO, A.E.F.; BOLDRIN, K.V.F.; MATSSON, N.S. Nutrition and Quality in Ornamental Plants. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n.2, p. 139-150, 2015.

NEVES, M.F.; PINTO, M.J.A. (Org.) **Mapeamento e quantificação da cadeia de flores e plantas ornamentais do Brasil**. São Paulo: OCESP, 2015.

NG, C.K.Y.; HEW, C.S. Orchid pseudobulbs false bulbs with a genuine importance in orchid growth and survival! **Scientia horticultrae**, v. 83, n. 3, p. 165-172, 2000.

OLIVEIRA, A.A.P., BRAINER, M.S.C.P. **Floricultura: caracterização e Mercado**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007.

PAN, R.C.; YE, Q.S.; HEW, C.S. Physiology of *Cymbidium sinense*: a review. **Scientia Horticultrae**, v. 70, p. 123-129, 1997.

PESSOA, C.O. **Cálcio e silício via foliar na qualidade de gérbera de corte**. 2011. 120f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

POOLE, H.A.; SEELEY, J.G. **Nitrogen, potassium and magnesium nutrition of three orchid genera**. 1977. 90f. Tese de doutorado. Cornell University. New York, 1977.

POOLE, H.A.; SHEEHAN, T.J. Mineral nutrition of orchid roots. In: ARDITTI, J. **Orchid Biology: Reviews and Perspectives**, Vol. II. New York: Cornell University Press, 1982, p. 195–212.

PRIDGEON, A. **The illustrated encyclopedic of orchids**. Austrália: Lansdwone Publishing Pty Ltd., 2001.

RAIJ, B.V. Princípios de correção e de adubação para mudas e para produção comercial. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1990, Jaboticabal. **Anais...**, Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.75-84.

RODRIGUES, D.T. **Nutrição e fertilização de orquídeas *in vitro* e em vasos**. 2005.101f. Dissertação de mestrado (Solos e nutrição de plantas). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2005.

RODRIGUES, D.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.; HUGO, V.; DIAS, J.M.M.; VILLANI, E.M.D.A. Orchid growth and nutrition in response to mineral and organic fertilizers. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, n. 5, p. 1609-1616, 2010a.

RODRIGUES, D.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.; HUGO, V.; DIAS, J.M.M.; VILLANI, E.M.D.A. Response of *Epidendrum Ibaguense* (Orchidaceae) to the application of lime rates to the pot. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 793-800, 2010b.

RODRIGUES, V.T. **Orchidaceae juss. aspectos morfológicos e taxonômicos**. São Paulo, 2011. Disponível em: <  
[http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Orchidaceae\\_Juss\\_Aspectos\\_Morfologicos\\_e\\_Taxonomicos\\_Vinicius\\_Trettel\\_Rodrigues.pdf](http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Orchidaceae_Juss_Aspectos_Morfologicos_e_Taxonomicos_Vinicius_Trettel_Rodrigues.pdf)> Acessado em 23 de nov. 2019.

SANTOS, A.F. **Nutrição e fertilização de orquídeas**: Estudo de caso – *Cattleya walkeriana*. Viçosa: Núcleo de Pesquisa e Conservação de Orquídeas, 2010.

SEBRAE AGRONEGOCIO (Brasília, DF) (Org.). **O mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais**. 2016. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-mercado-brasileiro-de-flores-e-plantas-ornamentais,456649f6ced44510VgnVCM1000004c00210aRCRD?origem=segmento&codSegmento=1>>. Acessado em 10 mar. 2019.

SEBRAE IDEIAS DE NEGOCIOS (Brasília, DF) (Org.). **Produção de plantas e flores ornamentais**. 2018. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-producao-de-plantas-e-flores-ornamentais,7cb87a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD#/0>>. Acessado em 14 mar. 2019.

SHEEHAN, T.J. Effects of nutrition and potting media on growth and flowering of certain epiphytic orchids. **American Orchid Society Bulletin**, v. 30, p. 289-292, 1961.

SILVA, M.A.G. **Efeito do nitrogênio e potássio na produção e nutrição do pimentão em ambiente protegido**. 1998. 86f: Tese Doutorado (Solos e Nutrição Mineral de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. São Paulo, 1998.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SILVA, J.T. Orchids: Advances in tissue culture, genetics, phytochemistry and transgenic biotechnology. **Floriculture Ornamental Biotechnology**, v. 7, n. 1, p. 1-52, 2013.

SILVEIRA, R.B.A. **Horticultura ornamental: Floricultura no Brasil**. 2006. Disponível em: <<http://www.uesb.br/flower/florbrasil.html>> Acessado em 17 de jun. 2018.

SUSILO, H.; PENG, Y.C.; LEE, S.C.; CHEN, Y.C. The uptake and partitioning of nitrogen in *Phalaenopsis* Sogo Yukidian ‘V3’ as shown by <sup>15</sup>N as a tracer. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 138, n. 3, p. 229-237, 2013.

SWAPNA, S. **Regulation of growth and flowering in *Dendrobium* var. Sonia 17**. 2000. 181f. Tese de Doutorado. Kerala Agricultural University, College of Horticulture. Vellanikkara. 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAKANE, R. J., YANAGISAWA, S. S., PIVETTA, K. F. L. **Cultivo moderno de orquídeas: Cattleya e seus híbridos**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2010.

TAKANE, R. J., YANAGISAWA, S. S., VENDRAME, W. A. **Cultivo moderno de orquídeas: Phalaenopsis e seus híbridos**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2015.

**THE PLANT LIST**. 2013. Versão 1.1. Publicado na Internet. Disponível em: <<http://www.theplantlist.org/>>. Acessado em 17 mar. 2019.

TRANI, P.E.; PASSOS, F.A.; MELO, A.M.T.; TIVELLI, S.W.; BOVI, O.A.; PIMENTEL, E. C. Hortaliças e Plantas Medicinais: Manual Prático. In: **Boletim Técnico IAC**, 199. Instituto Agronômico de Campinas (Org.). Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2º ed. p. 72. 2010.

TRÉPANIER, M.; LAMY, M.P.; DANSEREAU, B. *Phalaenopsis* can absorb urea directly through their roots. **Plant and soil**, v. 319, n. 1-2, p. 95-100, 2009.

TUSKES, P., TUSKES, A. Culture of *Phalaenopsis* species. **Orchid Digest**, v. 66, n. 4, p. 165-177, 2002

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **A família Orchidaceae**. Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/lbmbp/index.php/p/familia>. Acessado em 28 jun. 2019.

VIDAL, W.N.; VIDAL, M.R.R. **Taxonomia vegetal**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000.

WANG, Y.T.; GREGG, L.L. Medium and fertilizer affect the performance of *Phalaenopsis* orchids during two flowering cycles. **Hort Science**, v. 29, p. 269-271, 1994.

WANG, Y.T. Medium and fertilization affect performance of potted *Dendrobium* and *Phalaenopsis*. **HortTechnology**, v.5, n.3, p. 237-237, 1995.

WANG, Y. T. Effects of six fertilizers on vegetative growth and flowering of *Phalaenopsis* orchids. **Scientia Horticulturae**, v.65, p. 191-197, 1996.

WANG, Y.T. Impact of salinity and media on growth and flowering of a hybrid *Phalaenopsis* orchid. **HortScience**, v. 33, n. 2, p. 247-250, 1998.

WANG, Y.T. Impact of a high phosphorus fertilizer and timing of termination of fertilization on flowering of a hybrid moth orchid. **HortScience**, v. 35, n. 1, p. 60-62, 2000.

WANG, Y.T.; KONOW, E.A. Fertilizer source and medium composition affect vegetative growth and mineral nutrition of a hybrid moth orchid. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 127, n. 3, p. 442-447, 2002.

WANG, Y.T. Potassium nutrition affects *Phalaenopsis* growth and flowering. **HortScience**, v. 42, n. 7, p. 1563-1567, 2007.

WATANABE, D.; MORIMOTO, M.S. **Orquídeas: Manual de Cultivo**. São Paulo: AOSP – Associação Orquidófila de São Paulo, 2002.

YEN, C.Y.T.; STARMAN, T.W.; WANG, Y.T.; HOLZENBURG, A.; NIU, G. Timing of termination and reapplication for grow, flower initiation, and flowering of the *Dendrobium nobile* orchid. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 133, n. 4, p. 501-507, 2008.

ZONG-MIN, M.; NING, Y.; SHU-YUN, L.; HONG, H. Nitrogen requirements for vegetative growth, flowering, seed production, and ramet growth of *Paphiopedilum armeniacum* (*Orchidaceae*). **HortScience**, v. 47, n. 5, p. 585-588, 2012

ZOTZ, G. The reabsorption of phosphorus is greater than that of nitrogen in senescing leaves of vascular epiphytes from lowland Panama. **Journal of Tropical Ecology**, v. 20, n. 6, p. 693-696, 2004.