



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE SANTA CATARINA - CAMPUS JARAGUÁ DO SUL - CENTRO**

Ana Carolina Fanhani Straloti
Ana Carolina Silvério Jonsson
Mateus Pauls Warkentin
Natália Geovana Honze
Thiago Henrique Gabler
Victor Hugo Nascimento da Silva

**ANÁLISE QUANTITATIVA DO LÍQUIDO DO
PSEUDOCAULE DA BANANEIRA**

JARAGUÁ DO SUL/SC

2018/2

Ana Carolina Fanhani Straloti
Ana Carolina Silvério Jonsson
Mateus Pauls Warkentin
Natália Geovana Honze
Thiago Henrique Gabler
Victor Hugo Nascimento da Silva

**ANÁLISE QUANTITATIVA DO LÍQUIDO DO
PSEUDOCAULE DA BANANEIRA (LPCB)**

Trabalho de Qualificação do Projeto de Iniciação Científica do Programa Conectando Saberes apresentado ao Instituto Federal de Santa Catarina Campus Jaraguá do Sul como parte complementar à matriz curricular do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio.

Orientador: Luciana Pinheiro

Coorientador: Cláudio Cascaes

Coordenador: Roberto João Eissler

JARAGUÁ DO SUL/SC

2018

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Morfologia da bananeira.....	9
Figura 2: Rizoma da bananeira.....	10
Figura 3: Representação de corte transversal do pseudocaule da bananeira.....	11
Figura 4: Ilustração representando o engaço.....	12
Figura 5: Coração da bananeira.....	12
Figura 6: Sintomas de deficiência nos níveis de potássio.....	15
Figura 7: Instrumentação AAS.....	20
Figura 8: Fluxograma representando os procedimentos da análise por AAS.....	20

SUMÁRIO

1 TEMA	4
2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	4
3 PROBLEMA	4
4 HIPÓTESES	4
5 OBJETIVOS	5
5.1 Objetivo Geral	5
5.2 Objetivos Específicos	5
6 JUSTIFICATIVA	5
7 REVISÃO DA LITERATURA	8
7.2 Bananeira	8
7.2.1 Variedades e Taxonomia	8
7.2.2 Morfologia	9
7.2.3 Clima e solo favoráveis à bananicultura	12
7.3 Nutrientes	13
7.3.1 Potássio	14
7.3.2 Cálcio	15
7.3.3 Magnésio	16
8 METODOLOGIA	17
8.1 Extração mecânica do LPCB	17
8.2 Análise dos teores de magnésio, potássio e cálcio	18
8.2.1 Construção das curvas de calibração	18
8.2.2 Espectroscopia de absorção atômica	19
8.3.3 Espectroscopia de emissão de chama	21
9 CRONOGRAMA	22
REFERÊNCIAS	23

1 TEMA

Análise quantitativa do líquido presente no pseudocaule da bananeira (*Musa spp.*).

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Quantificação dos níveis de macronutrientes presentes no líquido do interior do pseudocaule da bananeira (*Musa spp.*) através de análises quantitativas, observando-se sua eficácia em soluções nutritivas para cultivo hidropônico.

3 PROBLEMA

De acordo com Rios (2008), em cultivos hidropônicos faz-se imprescindível o uso de soluções nutritivas, visando abastecer o meio de cultivo do vegetal com os nutrientes minerais necessários para o seu desenvolvimento. A falta destes nutrientes ocasiona certas deficiências, assim como seu excesso, que pode dificultar a absorção de outros íons igualmente necessários ao vegetal (SILVA JUNIOR *et al.*, 2010).

O preparo destas soluções deve ocorrer respeitando a necessidade de nutrientes da espécie cultivada (HAAG,1993 *et al. apud* GENÚNCIO *et al.*, 2006), lembrando que as plantas necessitam, dentre outros nutrientes, de quantidades superiores a $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de Mg, K e Ca, que podem ser assim chamados de macronutrientes (BRESINSKY *et al.*, 2012).

Desse modo, formulou-se o seguinte problema de pesquisa: os teores destes macronutrientes (potássio, cálcio e magnésio) no líquido do pseudocaule da bananeira (LPCB) o tornam um bom componente para soluções nutritivas de cultivo hidropônico?

4 HIPÓTESES

- Os macronutrientes estudados possuem concentrações superiores a $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ no LPCB;
- Dentre os macronutrientes estudados, aquele com maior teor no LPCB é o potássio;

- Dentre os macronutrientes estudados, aquele com menor teor no LPCB é o magnésio;
- O LPCB, dado a suas concentrações de macronutrientes, pode ser um bom componente para soluções nutritivas, tendo como base que os vegetais necessitam de concentrações superiores a $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de macronutrientes.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo Geral

Identificar se, em relação às concentrações dos macronutrientes do LPCB investigados, o mesmo pode ser um bom componente para soluções nutritivas de cultivo hidropônico.

5.2 Objetivos Específicos

- Realizar as análises quantitativas a partir das técnicas de espectroscopia de absorção atômica e fotometria de chama;
- Quantificar os teores dos macronutrientes potássio, cálcio e magnésio presentes no líquido do pseudocaule da bananeira (LPCB).
- Determinar a eficácia do LPCB em soluções nutritivas a partir de análise dos teores de potássio, cálcio e magnésio;

6 JUSTIFICATIVA

Sendo a fruta mais consumida mundialmente em 2014 (EPAGRI/CEPA, 2017), a banana é exportada, principalmente, por países de regiões tropicais, cujo clima equatorial majoritariamente quente e úmido favorece a bananicultura. Segundo o IBGE (2018), a produção nacional de banana (em toneladas) da safra de 2017 foi de 7.185.903, com cerca de 533.323 hectares plantados (Tabela 1), fazendo do Brasil um dos países que mais produzem banana no mundo.

Tabela 1- Área plantada, área colhida e produção da banana na safra de 2017

	Brasil	Região Sul	Santa Catarina
Área Plantada (ha)	533.323	50.024	30.031
Área colhida (ha)	486.766	49.284	29.430
Produção (t)	7.185.903	1.060.212	720.259

Fonte: adaptado de IBGE - Levantamento Sistemático de Produção Agrícola (2018)

O estado de Santa Catarina conta com cerca de 30.031 hectares plantados e uma área de colhida de 29.430 ha, chegando a uma produção de 720.259 toneladas em 2017 (IBGE, 2018). Nesse cenário, as mesorregiões do Norte Catarinense - Jaraguá do Sul, Corupá, Schroeder, entre outras do Vale do Itajaí e do Sul Catarinense, garantem a quarta posição na bananicultura nacional para o estado (EPAGRI/CEPA, 2017). Tais resultados se devem às condições propícias da região à bananicultura (quais sejam, clima quente e úmido e solo), fator que pode ser observado na Tabela 1, através da mínima diferença entre a área plantada e produzida, implicando um baixo índice de perda da safra.

Por ser amplamente cultivada, a banana gera, conseqüentemente, grandes quantidades de resíduos de biomassa, incluindo as folhas, o engaço e o pseudocaule da bananeira. Segundo Severino (2011), o resíduo mais produzido na colheita da banana é o pseudocaule, o qual é caracterizado por possuir grandes quantidades de água, fazendo deste resíduo o habitat perfeito para microrganismos e alguns insetos, como o *Cosmopolites sordidus* (Moleque da Bananeira). Os resíduos são, em grande parte, postos sobre o solo, para que se degradem e retornem os nutrientes a terra.

Depois de instalado o bananal, a cobertura do solo com a biomassa da própria bananeira (folhas e pseudocaules), é uma das principais alternativas existentes para que o bananicultor promova adição de matéria orgânica no sistema produtivo dessa cultura. Essa prática contribui para o aumento nos teores de nutrientes, principalmente K, Mg, N e Ca e para melhorias expressivas nos atributos físicos e biológicos do solo (SILVA JUNIOR *et al.*, 2010, p. 29-30).

Em alguns casos, como na indústria, pode-se utilizar o pseudocaule para a produção de polpa-celulósica, para a confecção de alguns tipos de papel (KUMAR, 2011 *apud* LEITÃO *et al*, 2012), porém, “[...] durante o processo de separação da fibra do pseudocaule, ocorre geração do líquido do pseudocaule da bananeira (LPCB), que deve receber algum tipo de tratamento antes de ser disposto no meio ambiente.” (LEITÃO, 2012, p. 1), podendo também ser efetivo na produção de isotônicos (FERIOTTI, 2010), de biogás (LEITÃO, 2012), além de ser aplicado na bananicultura (SEVERINO, 2011). Além disso, cerca de 90% da massa do pseudocaule é constituída por água (PILAR, 2009 *apud* FERIOTTI, 2010).

Entre suas aplicações, cabe citar o cultivo hidropônico que, além de ser muito antigo, vem sendo desenvolvido com apreço em países como Estados Unidos, Japão e Holanda, além de marcar presença em todos os estados brasileiros na produção de hortaliças (TEIXEIRA, 1996 *apud* GENÚNCIO *et al.*, 2008). Sendo assim, visar a aplicação do LPCB em soluções nutritivas, utilizadas na nutrição do cultivo hidropônico, pode gerar um retorno econômico ao bananicultor.

Com a escassez de pesquisas realizadas em relação ao LPCB, notamos que a real importância do mesmo ainda é inexplorada, mesmo sendo gerado em grandes quantidades, gerando uma lacuna preenchida com escassas referências sobre suas aplicações; buscar conhecer suas propriedades e composições acarretará benefícios para os produtores agrícolas, podendo então ministrar com mais eficácia a biomassa residual da bananicultura, utilizando, por exemplo, o LPCB em soluções nutritivas para cultivo hidropônico, e ao meio científico-acadêmico, no desenvolvimento de novos produtos e tecnologias, além de certa importância econômica.

Novos usos do LPCB demandam estudos que supram essa lacuna no conhecimento científico. Sabe-se, por exemplo, que

O cultivo da bananeira demanda grandes quantidades de nutrientes para manter o bom desenvolvimento da planta e boa produção, sendo que o potássio e o nitrogênio são os mais exigidos. Em ordem decrescente, a bananeira absorve os seguintes nutrientes: a) macronutrientes - potássio (K) > nitrogênio (N) > cálcio (Ca) > magnésio (Mg) > enxofre (S) > fósforo (P); [...] (SILVA JUNIOR *et al*, 2010, p. 25).

Os macronutrientes, ou seja, os nutrientes que possuem função estrutural e que estão presentes nas moléculas essenciais à planta (GIRACCA; NUNES, 2016), com presença mais

enfática no LPCB, são o nitrogênio, o potássio, o cálcio e o magnésio enquanto o enxofre e o fósforo se encontram em quantidades menores, sendo então descartados dos objetivos desta pesquisa, assim como o nitrogênio que demanda processos de análise trabalhosos e que requerem tempo além da falta do equipamento necessário para análise no campus IFSC - Campus Jaraguá do Sul - Centro. Sendo assim, optou-se por analisar os teores de potássio, cálcio e magnésio no LPCB, visando explorar seu uso em soluções nutritivas para o cultivo hidropônico.

7 REVISÃO DA LITERATURA

7.2 Bananeira

7.2.1 Variedades e Taxonomia

As *Musa acuminata* são plantas do gênero *Musa*, um dos três tipos que compõem a família *Musaceae*, incluindo as plantas herbáceas vivazes e as bananeiras cultivadas tanto para a produção de abacás (fibras do pseudocaule) quanto para as próprias bananas. Anteriormente, o gênero *Musa* estava classificado entre cinco seções, sendo elas as: *Ingentimusa*, *Australimusa*, *Callimusa*, *Musa* e *Rhodochlamys*. mas estas outras classificações se referem a apenas quatro seções: *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodochlamys* e *Eumusa* (FREITAS, 2002).

As bananeiras produtoras de frutos comestíveis foram, pela primeira vez, agrupadas no gênero *musa* por Linneu com as espécies classificadas como: *Musa cavendishii*, *Musa sapientum*, *Musa paradisiaca* e *Musa corniculata*. A explicação dessa classificação foi abandonada pois, segundo Simmonds (1973), em sua prática, não seria possível incluir todos os cultivares hoje conhecidos, sem provocar grandes conflitos dentro da mesma espécie. Simmonds classificou as bananeiras produtoras de fruto comestível como plantas da classe *Monocotyledonea*, Ordem *Scitaminea*, da família *Musaceae*, subfamília *Musoideae* e do gênero *Musa*.

Existem variedades de bananeiras ao redor do mundo, essas variedades são divididas em grupos. No grupo AAA, as mais comuns e consumidas no Brasil são as Nanicas, Nanicão e Grande Naine, utilizadas principalmente para exportação. As mais comuns do Grupo AAB no Brasil são a “Terra”, “Prata” e “Maçã”. As mesmas fazem parte do grupo de bananeiras direcionadas exclusivamente para o mercado interno brasileiro. Em menor quantidade, são plantadas “Ouro” (AA), “Fogo Cinza” e “Figo Vermelho” (ABB), “Caru Verde” e “Caru roxa” (AAA). As variedades Prata, Pacovan e Prata-Anã ocupam 60% das áreas de plantios de banana no Brasil (BORGES; SOUZA, 2004).

7.2.2 Morfologia

A bananeira é um vegetal herbáceo completo, ou seja, possui raiz, caule (rizoma), pseudocaule (*falso caule*), folhas, flores e, em alguns casos, sementes. Todas as bananeiras encaixam-se no desenho mostrado na Figura 1, porém cada subgrupo possui suas particularidades (ITAL, 1985 *apud* FERIOTTI, 2010), como tamanho das folhas, do pseudocaule e dos cachos, entre outras.

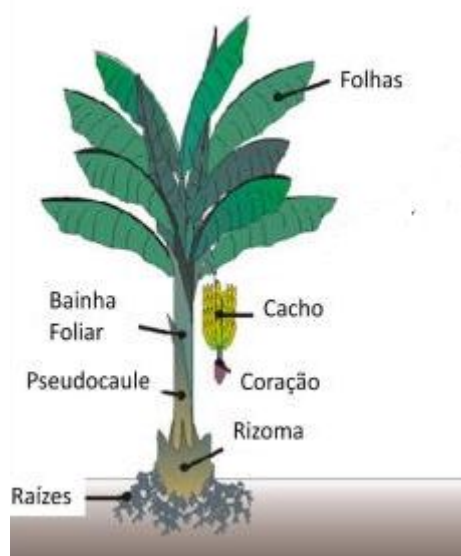


Figura 1. Morfologia da bananeira. Fonte: Imagem adaptada de CHEN, 2008 *apud* FERIOTTI, 2010.

Inicialmente, as raízes da bananeira são fasciculadas, mostrando-se suberosas, região de onde partem as raízes secundárias, quando maduras. Em algumas variedades da bananeira,

pode-se encontrar raízes primárias, secundárias e terciárias, levando em conta que 70% das raízes da bananeira são encontradas a uma profundidade de até 20 cm, mas a maior parte das raízes da mesma encontra-se disposta nas camadas mais superficiais do solo (BORGES *et al.*, 2012).

O rizoma, o qual representa o caule verdadeiro da bananeira (Figura 2), possui formato esférico, desenvolvendo-se no solo; as folhas, ou gemas, originam-se em sua extremidade superior, enquanto as raízes se destacam de sua extremidade inferior. Em sua fase de florescimento, a parte central do rizoma começa a necrosar, limitando a emissão de novos talos e de novas raízes (BORGES *et al.*, 2012).

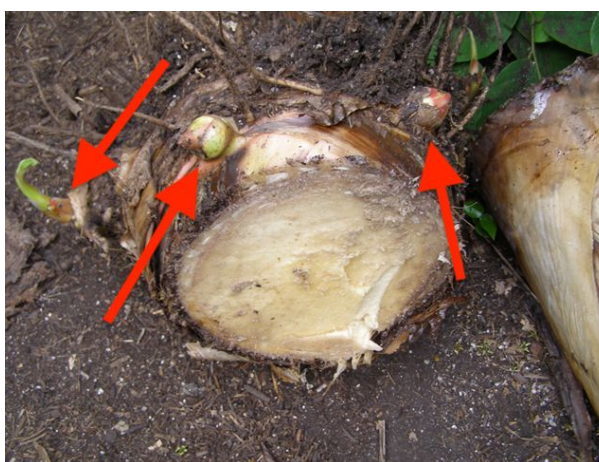


Figura 2. Rizoma da bananeira. Fonte: MUNDO ECOLOGIA (2018)

Já o pseudocaule tem sua estrutura constituída pelas bainhas das folhas da bananeira, degenerando-se juntamente ao amadurecimento do cacho, resultando na secagem total dos tecidos (BORGES *et al.*, 2012). (PILAR, 2009 *apud* FERIOTTI, 2010).

A bainha foliar (Figura 3) cerca inteiramente o rizoma e suas duas margens, muito delgadas (CHAMPION, 1963 *apud* SIMÃO; LIMA, 1971). Externamente, o caule da banana é coberto com cicatrizes foliares muito compactadas. Essas cicatrizes formam um anel completo em volta do caule verdadeiro e cada uma é associada com uma gema. Embora a base de cada folha esteja associada com uma gema, poucas delas se desenvolvem, e é raro se ver mais do que três ou quatro gemas atingirem dimensões macroscopicamente visíveis em um único caule (SIMMONDS, 1966 *apud* SIMÃO; LIMA, 1971).

[...] a gema associada à base de uma bainha se encontra sempre em sua metade esquerda, ao passo que a metade direita encobre a gema colocada em posição mais interna no caule da bananeira, entre as margens da bainha seguinte e associada à base de uma terceira (SIMÃO; LIMA, 1971, Fig. 3)

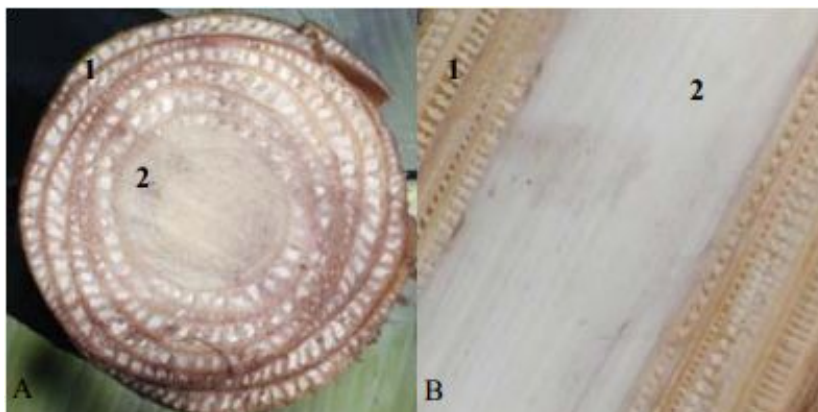


Figura 3. Representação do corte transversal do pseudocaule da bananeira. Corte transversal (A) e longitudinal (B) do pseudocaule da bananeira. Legenda: 1: Bainhas foliares; 2: Talo Floral. Imagem de OLIVEIRA, A. (2007)

O diâmetro do pseudocaule está diretamente relacionado ao peso do cacho da bananeira (SIMMONDS, 1964; SIQUEIRA, 1984), ou seja, quanto maior o diâmetro do pseudocaule, mais pesado o cacho. Na banana “Prata Anã”, por exemplo, o crescimento do pseudocaule da bananeira possibilita avaliar o crescimento da planta como um todo, já que o mesmo representa junto de outras partes das folha, como o pecíolo e o limbo, mais de $\frac{2}{3}$ de toda a planta a (BELALCÁZAR-CARVAJAL, 1991; BORGES, 2000; GOMES, 1988; MANICA, 1997 *apud* FLORI *et al.*, 2007).

A folha da bananeira tem sua estrutura constituída pela bainha foliar, pecíolo, pela nervura central e pelo limbo foliar, brotando uma a cada 7 ou 10 dias, totalizando 25 a 35 folhas durante o ciclo. A produção de folhas compreende do período que estende-se do plantio ao florescimento, momento no qual o processo acaba.

O cacho, sustentado pelo engaço (Figura 4), é constituído pelo pedúnculo, ráquis, pela inflorescência feminina e masculina. As bananas originam-se das flores localizadas na inflorescência feminina, enquanto o coração (Figura 5) compreende a inflorescência masculina (BORGES *et al.*, 2012).

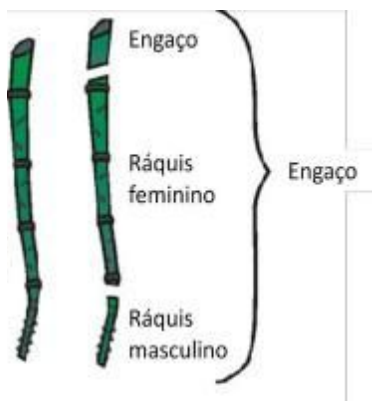


Figura 4. Ilustração representativa do engaço. Fonte: MUNDO ECOLOGIA (2018)



Figura 5. Coração da bananeira. Fonte: MUNDO ECOLOGIA (2018)

7.2.3 Clima e solo favoráveis à bananicultura

A bananeira pode ser produzida em diversos tipos de solo (CORDEIRO, 2000), sendo este um dos motivos para que seja cultivada de norte a sul no Brasil. A fertilidade e a estrutura física do solo acabam sendo fatores essenciais para o cultivo da bananeira (NÓBREGA, 2006). “Do ponto de vista químico, a cultura adapta-se aos mais variados tipos de solos, desde que corrigidas suas deficiências de fertilidade natural através de adubação e manejo adequados” (INSTITUTO CEPA/SC, 1995. p.59).

Segundo Cordeiro (2000), é importante que o solo seja profundo - apesar do sistema radicular superficial da bananeira ser de cerca de 30 cm - e tenha mais de 75 cm sem impedimentos para seu desenvolvimento, enquanto solos com profundidades inferiores a 25 cm são considerados impróprios para o cultivo. O solo também deve ter boa drenagem interna e retenção de água, para evitar o apodrecimento das raízes e melhorar a aeração. A alta umidade acelera a emissão de folhas, prolonga a longevidade da planta e uniformiza a coloração da fruta. Sendo assim, as regiões mais pertinentes para a plantação de bananeiras são aquelas em que a umidade relativa se situa acima de 80% (BORGES *et al*, 1998).

A temperatura para o bom cultivo de banana fica entre os extremos de 15° C a 35°C, sendo 28°C o seu ideal. Para o crescimento e a iniciação floral, a temperatura de 22°C é ideal e, para que ocorra a emissão de folhas, 31°C. Quando abaixo de 15°C, o funcionamento da planta é paralisado (CORDEIRO, 2000). Se a temperatura está acima de 35°C, o crescimento da planta, juntamente da qualidade de seus frutos, são prejudicadas (BORGES *et al*, 1998).

No Brasil, a maioria das microrregiões produtoras de banana se enquadram nos limites de temperatura (15°C a 35°C); nas médias térmicas, o Sul do Brasil se configura por apresentar valores anuais que são, em sua maior parte, inferiores a 18°C, ocorrendo variações que são determinadas pela altitude e distância ao mar (CORDEIRO, 2000). Em Santa Catarina há o cultivo nas microrregiões homogêneas subtropicais, onde cultivares como a banana nanica (*Musa acuminata*), que tem maior tolerância ao frio, são utilizadas (CORDEIRO, 2000).

7.3 Nutrientes

Segundo Giracca e Nunes (2016), um vegetal não se desenvolve corretamente se não absorver os nutrientes necessários para seu desenvolvimento. Estes nutrientes, os quais desempenham funções essenciais e específicas, são comumente classificados em duas categorias, relativas às concentrações nos vegetais, os macro e micronutrientes (MARSCHNER, 1995; MENGEL e KIRKBY, 2001; EPSTEIN e BLOOM, 2004 *apud* KIRKBY e RÖMHELD, 2007).

Segundo Bresinsky *et al.* (2012), as plantas necessitam de quantidades superiores a 20 mg · L⁻¹ de C, O, H, N, S, P, Mg, K e Ca, podendo ser assim chamados de macronutrientes. Os três primeiros, ou seja, o carbono, oxigênio e hidrogênio, podem ser obtidos através do ar e da água, enquanto os outros são captados como íons através do solo, sendo chamados de nutrientes minerais.

No grupo dos micronutrientes, segundo Bresinsky *et al.* (2012), encontram-se em pequenas quantidades (< 500 µg · L⁻¹) os seguintes elementos: Mn, B, Zn, Cu, Mo, Cl; o ferro, que por ser necessário em quantidades de aproximadamente 6 mg · L⁻¹, encontra-se abaixo do nível dos macronutrientes, sendo então realocado como micronutriente.

De acordo com Silva Junior *et al.* (2010), para se desenvolver com eficácia e ter boa produtividade, a bananeira, que demanda consideráveis quantidades de nutrientes, exige, respectivamente, grandes quantidades de potássio e nitrogênio, seguidos por cálcio, magnésio, enxofre e fósforo. Em solos com baixo teor de nutrientes, faz-se imprescindível a adubação do solo, visando a facilitação da absorção de nutrientes.

7.3.1 Potássio

Tendo número atômico 19, ponto de fusão de 63,38 °C e ponto de ebulição de 759 °C, com massa molar de aproximadamente 39,09 g · mol⁻¹, o potássio se encontra na família 1 da tabela periódica, sendo então um metal alcalino.

Obtido pelos vegetais através do solo em sua forma iônica, o potássio é o único cátion monovalente essencial para todas as plantas, atuando como cofator em reações enzimáticas e regulador osmótico (BRESINSKY *et al.* 2012). Tendo alta participação nos componentes minerais das células, o cátion K⁺ possui concentração de 10 até 120 mM no citoplasma, enquanto nos cloroplastos varia de 20 a 200 mM.

Como componente osmoticamente eficaz, o K⁺ tem papel-chave nas osmorregulações em conexão com movimentos násticos, como, por exemplo, os movimentos estomáticos, movimentos de articulações. No transporte no floema, o K⁺ também teria uma função importante. Além disso, os íons K⁺ são significativos para a ligação do RNAm nos ribossomos. Em ligações orgânicas, o potássio não é integrado à célula (BRESINSKY *et al.*, 2012, p. 246).

Silva Junior *et al.* (2010) destaca que, a carência do íon K⁺ leva os cachos da bananeira a serem menores, os frutos mais finos e pequenos, com maturação irregular e polpa pouco saborosa (Figura 6).



Figura 6. Sintoma de deficiência nos níveis de potássio. Foto de Ana Lúcia Borges

Para a reposição do nutriente, os autores recomendam ainda a adubação, seja orgânica (com a biomassa residual da bananeira ou esterco), ou sob as formas de cloreto de potássio, sulfato de potássio e/ou nitrato de potássio, destacando ainda que solos com teores de K^+ acima de 234 mg/dm^3 dispensam a adubação potássica (SILVA JUNIOR *et al.*, 2010).

7.3.2 Cálcio

Metal alcalino-terroso, de número atômico 20, o cálcio, segundo Peixoto (2004), é o quinto elemento mais abundante na Terra, correspondendo a 3,5% da crosta total do planeta, tendo massa molar de $40,078 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ e ponto de fusão e ebulição, respectivamente, de $839 \text{ }^\circ\text{C}$ e $1484 \text{ }^\circ\text{C}$.

Segundo Bresinsky *et al.* (2012), o cálcio está comumente presente no solo em forma de carbonato, sulfato ou fosfato. O cátion bivalente Ca^{+2} , assim como o Mg^{+2} , na célula

[...] pode formar sais com componentes de paredes celulares, ácidos (por exemplo, protopectina nas lamelas médias, nas paredes de tricomas de raízes e tubos polínicos, ou ácido alginico nas paredes celulares de algas) e, por isso, funciona como elemento estrutural essencial (BRESINSKY *et al.*, 2012, p. 246).

Bresinsky *et al.* (2012) salienta ainda que o Ca^{+2} possui grande importância na manutenção de estruturas e nas funções de todas as membranas celulares, tendo baixa concentração no citoplasma (inferior a 10^{-7} M), embora seja alta no apoplasto e também no vacúolo.

Nos cachos e frutos da bananeira, segundo Silva Junior *et al.* (2010, p. 27), a deficiência nos teores deste nutriente pode causar “maturação irregular, frutos verdes junto com maduros, podridão dos frutos, pouco aroma e pouco açúcar. A sua falta pode ser uma das causas do empedramento da banana ‘Maçã’.”

Quando necessário, segundo Silva Junior *et al.* (2010), pode-se efetuar a calagem para a reposição do cálcio no solo, utilizando calcário dolomítico, que contém além de Ca, também Mg, evitando o desequilíbrio entre K e Mg e, conseqüentemente, a deficiência fisiológica conhecida como “azul da bananeira” (falta de Mg causado pelo excesso de K).

7.3.3 Magnésio

Tendo número atômico 12, massa molar $24,312 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ e ponto de fusão e ebulição, respectivamente, de $651 \text{ }^\circ\text{C}$ e $1107 \text{ }^\circ\text{C}$ (PEIXOTO, 2000), este macronutriente, segundo Bresinsky *et al.* (2012), ocorre no solo normalmente em forma de carbonato, sendo de suma importância às clorofilas, bem como às protopectinas, além de constituinte das paredes celulares de diversos tipos de algas. Do magnésio foliar, apenas cerca de 10% se encontra nos cloroplastos, porém cerca de 50% do cloroplasto é constituído por magnésio, tendo também grande importância em reações enzimáticas, principalmente aquelas que contam com a participação do ATP (BRESINSKY *et al.*, 2012).

Salientado por Bresinsky *et al.* (2012), o Mg^{+2} , quando em concentrações muito altas, acaba por ser tóxico ao vegetal em questão, dificultando a absorção de outros cátions igualmente essenciais à planta, como K^+ , Ca^{+2} , NH_4^+ , dentre outros. Na bananeira, sua escassez pode provocar, segundo Silva Junior *et al.* (2010, p. 27), “[...] cachos pequenos e deformados, maturação irregular, polpa mole, viscosa e de sabor desagradável, apodrecimento rápido do fruto”. Além disso, em folhas mais velhas, ocorre o amarelamento do meio da folha, enquanto a linha central e as bordas permanecem verdes.

Segundo Silva Junior *et al.* (2010), recomenda-se a adubação orgânica para a reposição do nutriente no solo, utilizando-se de esterco bovino ou de galinha, melhorando as atribuições físicas e biológicas do solo da plantação.

8 METODOLOGIA

8.1 Extração mecânica do LPCB

A obtenção do pseudocaule para a extração do LPCB se dará em uma bananicultura da microrregião de Joinville, no município de Schroeder, de uma bananicultura extensiva, pertencente a parentes de um dos membros do grupo. Para auxiliar na seleção das bananeiras das quais serão obtidos os pseudocaules, será construída uma tabela de verificação, relacionando os macronutrientes e seus respectivos sintomas de baixa concentração na bananeira (vide 7.3), visando selecionar apenas bananeiras que apresentem concentração regular dos macronutrientes estudados.

Serão obtidos três pseudocaules de diferentes áreas da plantação, visando obter maior variedade de solo. Os pseudocaules extraídos serão lavados e cortados horizontalmente em três tiras e longitudinalmente em quatro partes, descartando-se o talo. Após o corte, as partes serão processadas em uma moenda de cana-de-açúcar, disponibilizada pelo próprio bananicultor. Utilizando-se deste método, Chen (2008) *apud* Feriotti (2010) obteve rendimento de 40% do LPCB.

O líquido obtido será então armazenado em recipientes de vidro tarados, que serão etiquetados com o volume e massa do conteúdo. Por fim, os recipientes serão levados até o IFSC - Campus Jaraguá do Sul - Centro, onde serão armazenados na geladeira ou congelador até a realização das análises.

Antes de ser armazenado, o LPCB será submetido ao processo de filtração por gravidade com cone filtrante para eliminar possíveis sólidos presentes no líquido, torneando problemas nos processos de análise. Caso ainda se faça necessário, será efetuado o processo de incineração do líquido para eliminação de matéria orgânica sobressalente, tal qual descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Neste caso, as cinzas serão guardadas em um dessecador, para não ficarem expostas à umidade.

8.2 Análise dos teores de magnésio, potássio e cálcio

Para a análise dos teores de magnésio, optou-se pelo métodos analíticos de absorção atômica, e espectroscopia de emissão de chama, para K e Ca, que não possuem as lâmpadas de cátodo oco necessário para serem realizadas por absorção atômica. Todos os métodos de análise serão realizados nos laboratórios do IFSC - Câmpus Jaraguá do Sul - Centro, no decorrer do semestre letivo de 2019.1.

8.2.1 Construção das curvas de calibração

O fotômetro de chama, utilizado na espectroscopia de emissão de chama, disponível no IFSC - Câmpus Jaraguá do Sul - Centro, não dispõe da geração de curva de calibração, apenas um único padrão, sendo assim, não faz-se necessário a construção da curva.

Já para a utilização do métodos analítico de absorção atômica, faz-se necessária a construção da curva, que necessita de soluções padrão para ser obtida.

Para o preparo destas soluções, utilizar-se-á o método proposto por Rosa, Gauto e Gonçalves (2013), em que prepara-se, inicialmente, uma solução estoque na qual dilui-se, aproximadamente, 1,0 g de sal do elemento em questão (Mg), em 50 ml água destilada. Após efetuada a dissolução, transfere-se a solução para um balão volumétrico de 1 L, completando-se então o volume com água destilada. Tendo pronta a solução estoque, serão pipetados 50 mL da solução em um balão volumétrico de 1 L, completando-se então o volume com água destilada. Em seguida, deve-se preparar quatro soluções padrão do elemento a partir da solução de trabalho, com concentrações conhecidas.

Tendo a escala do equipamento zerada com água destilada, as soluções padrão serão submetidas a análises em triplicata, a fim de se obter os níveis de absorbância das soluções padrão, visando construir uma curva em um gráfico *concentração X absorbância* para a obtenção das concentrações das amostras a serem analisadas.

A partir da curva padrão irá obter-se uma equação da reta que possibilitará, juntamente do valor da absorbância, calcular a concentração do elemento em especial na amostra. A equação segue o modelo $y = ax + b$, em que x representa o valor da concentração a ser

calculado, e y o valor da absorbância obtido pela análise da amostra. A exatidão da reta é representada pelo coeficiente de determinação da reta (R^2), em que $0 \leq R^2 \leq 1$, sendo o $R^2 = 1$ uma reta perfeita, ou seja, dispõe de 100% de exatidão. O coeficiente de determinação de R^2 , tal qual a equação da reta, será obtido por meio de um *software* estatístico, que tratará os dados obtidos nas análises.

8.2.2 Espectroscopia de absorção atômica

Segundo Krug, Nóbrega e Oliveira (2004), a espectrometria de absorção atômica obtém a medida da absorção de intensidade da radiação eletromagnética vinda de uma fonte de radiação primária por átomos gasosos no estado fundamental.

A espectrometria de absorção atômica (AAS - do inglês Atomic Absorption Spectrometry) utiliza esse fenômeno para a determinação quantitativa de elementos (metais, semi-metais e alguns não metais) em uma ampla variedade de amostras, tais como, materiais biológicos (tecidos e fluídos), ambientais (água, solos, sedimentos e plantas), alimentos, geológicos, tecnológicos, etc. (KRUG; NÓBREGA; OLIVEIRA, 2004, p. 1).

Segundo Rosa, Gauto e Gonçalves (2013, p. 113), “[...] as concentrações dos átomos no vapor são determinadas pela medida da absorção [...] de radiação em determinados comprimentos, característicos dos elementos.” Ainda, segundo os autores, esta técnica faz-se fundamental na química analítica, tanto por sua alta sensibilidade quanto pela capacidade de distinguir elementos, mesmo em uma amostra complexa e à possibilidade de se analisar várias amostras e vários elementos.

O espectrômetro de absorção atômica, conforme Krug, Nóbrega e Oliveira (2004), possibilita a análise quantitativa de elementos metálicos em soluções sólidas, líquidas e gasosas, constituindo-se de uma fonte de radiação, sistema de atomização, conjunto monocromador, detector e processador (Figura 7).

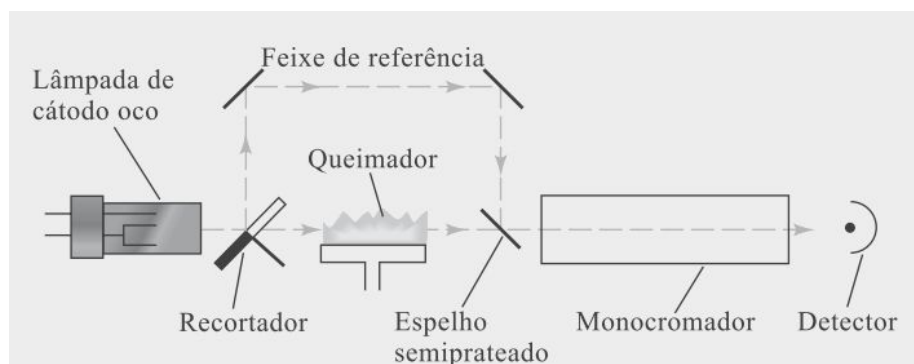


Figura 7. Instrumentação AAS. Fonte: COTTA (2014).

A fonte será uma lâmpada de cátodo oco (LCO), na qual ocorrerá a emissão do comprimento de onda específico do magnésio, dentro de um bulbo de vidro contendo gás inerte (COTTA, 2014). O sistema de atomização será responsável pela geração de átomos livres no estado gasoso e o conjunto monocromador fará a separação dos outros comprimentos de onda emitidos pela fonte da radiação ou até no processo de atomização. Por fim, o detector vai detectar a radiação (fótons) por meio de diodos sensíveis.

O LPCB obtido será posto em um tubo Falcon e então encaminhado para a realização das análises; para realizá-las, utilizar-se-á o método (adaptado) proposto por Rosa, Gauto e Gonçalves (2013).

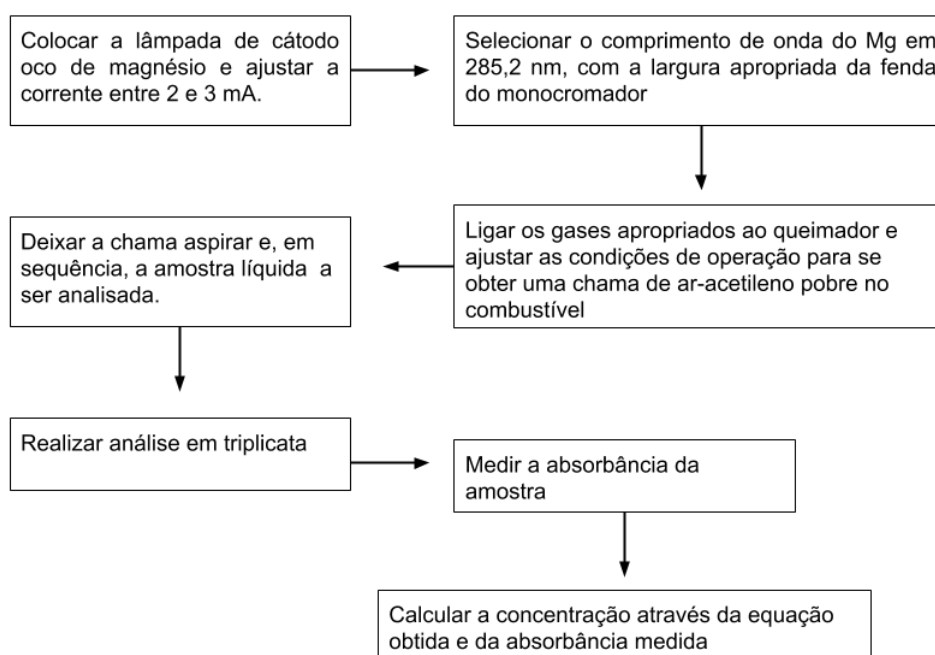


Figura 8. Fluxograma representando os procedimentos da análise por AAS. **Fonte:** Fluxograma elaborado pelo grupo com base no método proposto por Rosa, Gauto e Gonçalves (2013).

Serão realizadas, no total, nove análises, submetendo a amostra obtida de cada pseudocaule a análises em triplicata. Terminadas as medidas das amostras, utilizar-se-á a equação da reta obtida através da curva padrão, substituindo a variável y pelo valor de absorbância obtido nas análises, visando encontrar a variável x , ou seja, a concentração do magnésio no analito.

8.3.3 Espectroscopia de emissão de chama

Segundo Okumura, Cavalheiro e Nóbrega (2004), chamada anteriormente de fotometria de chama, a espectroscopia de emissão de chama (FES) tem como fenômeno básico a coloração da chama do gás sem a amostra, quando átomos de metais alcalinos com, respectivamente, 1 e 2 elétrons na camada de valência (Ex.: Na, K, Li e Ca), são levados a uma chama de ar-gás combustível (GLP) a 1700-1900 °C, ocorrendo fenômenos químicos e físicos, como atomização, vaporização e evaporação. Ao retornarem ao seu estado fundamental, liberam parte da energia recebida pela chama em forma radiação, em comprimentos de onda característica dos próprios.

O LPCB já filtrado, será depositado em um tubo Falcon para ser encaminhado às análises. No total, o procedimento será realizado nove vezes para cada macronutriente a ser analisado pela emissão de chama (K e Ca), utilizando os comprimento de onda característicos, havendo três amostras a serem submetidas a análises em triplicata. Realizadas, essas fornecem os valores de emissão medidos pelo aparelho.

9 CRONOGRAMA

Atividade/Mês	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	X
Extração do LPCB	X				
Análises		X	X	X	
Elaboração do Relatório de Pesquisa			X	X	
Elaboração Banner				X	X
Correções finais					X

REFERÊNCIAS

- BORGES, Ana Lúcia; OLIVEIRA, A. M. G. Nutrição, Calagem e Adubação. In: CORDEIRO, Z. J. M. (Org.). **Banana**. Produção: aspectos técnicos. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para -Transferência de Tecnologia, 2000. p. 17 - 21.
- BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. Disponível em: <<http://frutvasf.univasf.edu.br/images/banana2.pdf>>. Acesso em: 2 de nov. 2018.
- BORGES, Ana Lúcia et al. **Banana: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. 214 p. Editores técnicos: Marcelo Bezerra Lima, Sebastião de Oliveira e Silva, Cláudia Fortes Ferreira.. Disponível em: <<http://mais500p500r.sct.embrapa.br/view/publicacao.php?publicacaooid=90000019>>. Acesso em: 06 set. 2018
- BORGES, A. L. *et al.* **Coleção Plantar: Banana**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 1998. 97 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/120874/a-cultura-da-banana>>. Acesso em: 29 ago. 2018.
- BRESINSKY, Andreas *et al.* **Tratado de Botânica de Strasburger**. 36. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. 1166 p. Tradução de: Alessandra Fidelis.
- CORDEIRO, Z. J. M. Introdução. In: Banana. **Produção: aspectos técnicos**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 17 - 21 (Frutas do Brasil; 1).
- COTTA, Aloísio J.B. **Fotometria de Chama e Absorção Atômica**. 2014. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/11571277-Fotometria-de-chama-e-absorcao-atmica.html>>. Acesso em: 05 nov. 2018.
- FERIOTTI, Danyelle de Godoy. **Proposta de aproveitamento do pseudocaule da bananeira (musa cavendish)**. 2010. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Projeto, Análise e Controle de Processos Industriais, Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2010. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp140146.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2018.
- FLORI, J. E. *et al.* Correlações entre características morfológicas e produtivas em bananeira ‘Prata-Anã’. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 35-40, jan./fev., 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/0D/cagro/v31n1/v31n1a05.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2018.
- FREITAS, Ronaldo. **Variedades da banana**. Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/afeira/materias-primas/frutas/banana>>. Acesso em: 3 de nov. 2018.
- GENÚNCIO *et al.*, 2006. **Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT em fungos da concentração iônica da solução nutritiva**. Horticultura

Brasileira 24: 175-179. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/hb/v24n2/10.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

GIRACCA, Ecila Maria Nunes; NUNES, José Luis da Silva. **Nutrientes**. 2016. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes_361443.html>. Acesso em: 23 set. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área plantada, área colhida e produção, por ano da safra e produto das lavouras**, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>>. Acesso em: 10 set. 2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 5. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2008. 1020 p. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2018.

KIRKBY, Ernest Arnold; RÖMHELD, Volker. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade**. York: The International Fertiliser Society, 2007. 24 p. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/8A79657EA91F52F483257AA10060FACB/\\$FILE/Encarte-118.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/8A79657EA91F52F483257AA10060FACB/$FILE/Encarte-118.pdf)>. Acesso em: 07 out. 2018.

KRUG, Francisco José; NÓBREGA, Joaquim Araújo; OLIVEIRA, Pedro Vitoriano de. **Espectrometria de absorção atômica**. Junho 2004. Disponível em: <http://www.ufjf.br/baccan/files/2011/05/AAS-geral-parte-1-revisada.pdf>. Acesso em: novembro de 2018.

LEITÃO, Renato Carrhá *et al.* **Produção de biogás a partir do líquido do pseudocaule da bananeira**. Fortaleza: Embrapa, 2012. 8 p. ((Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 187).). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79962/1/PSEUDOCAULEDABANANEIRA187.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2018.

MUNDO ECOLOGIA. **Partes da bananeira**, 2018. Disponível em: <<http://www.mundoecologia.com.br/plantas/partes-da-bananeira/>> Acesso em: 12 nov. 2018.

NÓBREGA, JPR. **Produção de mudas de bananeira (Musa spp. AAB) em função da poda e doses de nitrogênio e boro**. 2006. 118f. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, PB. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp012869.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2018.

OKUMURA, Fabiano; CAVALHEIRO, Éder; NÓBREGA, Joaquim A. **Experimentos Simples Usando Fotometria de Chama para Ensino de Princípios de Espectrometria Atômica em Cursos de Química Analítica**. Quim. Nova, v. 27, n. 5, p. 832-836,

2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v27n5/a26v27n5.pdf>> Acesso em: 02 nov. 2018.

PEIXOTO, Eduardo Motta Alves. Cálcio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 12, p.1-2, nov. 2004. Semestral. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a12.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

_____, Eduardo Motta Alves. Magnésio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 20, p.1-2, nov. 2000. Semestral. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc12/v12a11.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

RIOS, Érika Carolina dos Santos Vieira. **Uso de águas amarelas como fonte alternativa de nutrientes em cultivo hidropônico de alface (*Lactuca sativa*)**. 2008. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/3865/1/tese_2607_Dissertao%20Erika%20Rios.FINALdoc.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2018

ROSA, Gilber; GAUTO, Marcelo; GONÇALVES, Fábio. **Química Analítica: Práticas de Laboratório**. Porto Alegre: Bookman, 2013. 128 p.

SEVERINO, Daniely dos Santos Barboza. **Efeito do líquido do pseudocaule da bananeira combinado com solução nutritiva na formação de mudas de bananeira**. 2011. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Agronomia/solos e Nutrição de Plantas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/8931>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

SILVA JUNIOR, Josué Francisco da *et al.* **Sistema de Produção de Banana para a Zona da Mata de Pernambuco**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. 140 p. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/sp_3.pdf>. Acesso em: 04 out. 2018.

SIMÃO, Salim *et al.* **Contribuição ao estudo da morfologia da bananeira**. São Paulo, 1971. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aesalq/v28/24.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2018.