



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

ESCOLA SUPERIOR DE DESENVOLVIMENTO RURAL

DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO AGRÁRIA

**Uso de imagem digital obtida por processo fotográfico para a quantificação de
fósforo existente em amostras de solo e/ou fertilizantes**

Licenciatura em Produção Agrícola

Autor:

Hélio Francisco Cumaio

Vilankulo, Maio de 2015

Hélio Francisco Cumaio

Uso de imagem digital obtida por processo fotográfico para a quantificação de fósforo existente em amostras de solo e/ou fertilizantes.

Trabalho de Culminação de Curso apresentado ao Departamento de Produção Agrária da Universidade Eduardo Mondlane – Escola Superior de Desenvolvimento Rural para a obtenção do grau de Licenciatura em Produção Agrícola.

Supervisor:

Prof. Dr. Peter Vine

UEM-ESUDER

Vilankulo, Maio de 2015

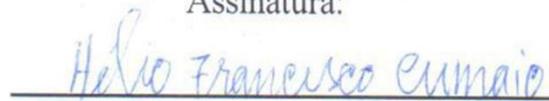
DECLARAÇÃO DE HONRA

Por minha honra declaro que o presente trabalho de pesquisa é fruto de minha investigação com o intuito de adquirir o grau de licenciatura em Produção Agrícola, sendo que este nunca foi apresentado em nenhuma instituição de ensino para a obtenção de qualquer grau académico.

Por se tratar de uma pesquisa científica de carácter inovador, o presente relatório de não está isento de erros, por isso pede-se para que no caso de detecção dos mesmos se entre em contacto com o autor através do correio electrónico: heliofcumaio@mail.com ou contactar a direcção científica da UEM-ESUDER.

Vilankulo, Maio de 2015

Assinatura:


Hélio Francisco Cumaio
(Hélio Francisco Cumaio)

DEDICATÓRIA

Dedico esta obra em especial aos meus pais Francisco Armando Cumaio e Ana Ussenga; as minhas irmãs Deolinda e Dénia sem deixar de fora a minha sobrinha Jacky; a minha namorada Laila; ao Jaime Muhate, Venâncio Cumaio e demais amigos; aos tios Jeremias e esposa; a família Cumaio na sua inteira extensão e a minha querida avo Teresa. Enquadrar nesta dedicatória o meu magnífico supervisor, O Prof. Dr. Peter Vine e toda classe pesquisadora de tecnologias para comunidade rural que é o pólo de desenvolvimento para um Moçambique menos pobre.

AGRADECIMENTOS

Esta obra é fruto do esforço de várias individualidades e instituições as quais quero endereçar o meu muito obrigado:

- A Deus todo-poderoso pelo dom da vida, amor, encaminhamento, ensinamentos, bênção e inspiração, pois como humano nada podia fazer para alcançar este grande marco em minha vida;
- Ao meu supervisor Prof. Dr. Peter Vine por ter abraçado a minha causa dando assim orientação, acompanhamento e ensinamentos de grande valor durante a árdua missão de tornar esta obra uma realidade;
- Aos meus pais Francisco Cumaio e Ana Ussenga pela educação, carinho, orientação, paciência, sacrifício, dedicação, incentivo, apoio e amor incondicional ao longo da minha vida e formação;
- As minhas irmãs e aos primos pelo apoio, amor incondicional e paciência durante essa longa peleja.
- Aos tios Jeremias e esposa, Tomás e esposa, Samuel e esposa, a tia Elisa e esposo, e a todos meus avós em especial a vovô Teresa pelo amor e incentivo dado principalmente no início da minha formação.
- Aos amigos de entre eles: o coro Sila's Júnior na sua plenitude e em especial Isidro Mondlane e Crescêncio Manhique; Romildo Siteo, Majaina Aguiar, Jaime Muhate, Jusselino Nhamahango, Lúcio Ribeiro, Clarícia, Rosa, Carlota Matlombée Teodósio Macuacua pelo suporte independentemente das circunstâncias que pesaram nessa caminhada.
- A minha namorada pela compreensão, amor, companheirismo, incentivo e acima de tudo pela paciência.

- A minha igreja (Nazareno paróquia de Mavalane) em especial ao grupo de jovens e aos Pastores Macie, que desde o início desta formação superior estiveram prontos para orar, acarinhar e prestar apoio incondicional.
- A todos docentes que me deram o privilégio de ser seu estudante ao longo desses quatro anos de formação, pela paciência de me ensinar e me ajudar a construir a base para que eu seja um ótimo profissional da área agrícola.
- A todos colegas de faculdade e de curso, em especial a Caissaria Issa, DiolandaChilaule, Evaristo Baptista, Nazário Wamir, Belidio Macie, Nelson Isac, Teodósio Macuacua, Graça Vilanculos, Henriques Ncoça, Vasconcelos Cumbe, Tckiko Humberto, Simão Cossa, Arlindo Manhica e Edson Chamo pelo amparo acadêmico e moral que sempre se disponibilizaram a dar ao longo destes quatro anos de licenciatura.
- Ao tio Ruben Chambule, que tornou acessível a minha caminhada desde que decidi pesquisar acerca do tema tratado no presente trabalho.
- Ao DARN - laboratório de solos do IIAM por ter abraçado a minha causa, em especial ao dr. Mário Júlio Chaúque, ao Sr. Carlos Tembe, e ao Sr. Carlos Cambula pelos ensinamentos, acompanhamento, disponibilidade e compreensão ao longo da minha estadia em seu meio de trabalho.
- Ao laboratório da faculdade de agrônoma da UEM, especialmente ao dr. Machava e ao Romano que deram a sua sabedoria em prol da realização da pesquisa;
- A todos que se revelaram defensores e apoiantes da minha vida acadêmica mesmo que o nome não esteja aqui citado vai o meu agradecimento do fundo do coração.
- A banca que julgou o presente trabalho: Prof. Doutor Peter Vine, Eng. Paulo Dimande e dr. Elias de Barros por terem ajudado a melhorar o presente relatório.

Obrigado!

LISTA DE ABREVIATURAS SIGLAS E SÍMBOLOS

Abs	Absorbância
CLCTM	Compilação Legislativa sobre Ciência e Tecnologias de Moçambique
DARN	Direcção de Agronomia e Recursos Naturais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agro-pecuária
ESUDER	Escola Superior de Desenvolvimento Rural
IIAM	Instituto de Investigação Agrária de Moçambique
MINAG	Ministério da Agricultura
MO	Matéria orgânica
Mpix	Megapixéis
P	Fósforo
PARP	Plano de Acção para Redução da Pobreza
RBG	Red Blue and Green (vermelho, azul e verde)
S	Desvio padrão
UV-Vis	Ultra Violeta Visível
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
\bar{x}	Media

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Lista de Figuras	Pag.
Figura 1: Espectrofotómetro UV- VIS Modelo: 3100 JP SELECTA	6
Figura 2: Esquema dos principais constituintes do espectrofotómetro	6
Figura 3: Mecanismo de percepção da cor pela retina	8
Figura 4: Espectro dos comprimentos de onda da luz visível.....	9
Figura 5: Esquema ilustrativo do princípio da transmitância	10
Figura 6: Caixa utilizada na captura das imagens das soluções e a sua direita a imagem capturada por uma das câmeras dentro da mesma caixa.....	12
Figura 7: Configuração interna e externa estúdio fotográfico	15
Figura 8: Mecanismo de funcionamento interno do estúdio	15
Figura 9: Recipiente usados para conter a solução colorida ao longo do processo fotográfico...	19
 Lista de gráficos	
Gráfico 1: Resultados correspondentes a avaliação da potência de luz	24
Gráfico 2: Calibração oferecida pela câmara de telemóvel 2 megapixéis na fase I	25
Gráfico 3: Calibração oferecida pela câmara de telemóvel 0.3 megapixéis na fase I	25
Gráfico 4: Calibração oferecida pela câmara digital 16.1 megapixéis na fase I	26
Gráfico 5: Calibração oferecida pelo espectrofotómetro na fase II	27
Gráfico 6: Calibração oferecida pela câmara de telemóvel 0.3 megapixéis na fase II	27
Gráfico 7: Calibração oferecida pela câmara digital 16.1 megapixéis na fase II.....	28

Lista De Tabelas

Tabela 1: Relação aproximada entre absorção de luz e cor	9
Tabela 2: proporções da diluição da tinta de carimbo	18
Tabela 3: Materiais e equipamentos	23
Tabela 4: Resultados da determinação de fósforo	28

LISTA DE APÊNDICES E ANEXOS

Apêndices	Pag.
Apêndice 1: Vidro de relógio adaptado	I
Apêndice 2: Componente eléctrica do estúdio	I
Apêndice 3: Tampa do estúdio e mecanismo de fixação da câmara	I
Apêndice 4: Configuração e aspecto externo do equipamento.....	II
Apêndice 5: Dados da avaliação da Potência de Luz a ser usada (primeiro objectivo)	II
Apêndice 6: Dados das 5 Replicas do Cálculo de absorbância usado as três Câmeras.....	III
Apêndice 7: Absorbância obtidas através das três câmeras usadas ao longo da fase I	V
Apêndice 8: Absorbâncias Obtidas através do espectrofotómetro e das Câmeras digital 16.1 megapixéis e telemóvel 0.3 megapixéis ao longo da Fase II	VI
Apêndice 9: Quantificação de P em amostras de fertilizantes através do Espectrofotómetro....	VII
Apêndice 10: Quantificação de P em amostras de fertilizantes através da Câmera digital de 16.1 Megapixéis	VII
Apêndice 11: Quantificação de P em amostras de fertilizantes através da Câmera telemóvel de 0.3 Megapixéis	VII
Apêndice 12: Determinação de fósforo em extractos de fertilizantes através dos métodos de imagem digital e espectrofotométrico e comparação dos resultados obtidos.....	VIII
Apêndice 13: Comportamento dos raios luminosos perante o cuvette e a câmara.....	XI
Apêndice 14: Cuvette alternativo (tubo que armazena doces em banca de mercado)	XI
Apêndice 15: Imagem da embalagem da tinta de carimbo usada na pesquisa	XIII
Apêndice 16: Experiência de demonstração: Vilankulo, 29 de Abril de 2015.....	XIII
Apêndice 17: Indicações básicas para leitura de intensidades no Gimp.....	XVI
Apêndice 18: Imagem das soluções coloridas prontas para a leitura das intensidades	XVI
Anexo 1: Comprovativo da estadia do pesquisador no laboratório de solos do IIAM	

GLOSSÁRIO

Analíto - substância cuja composição quer se determinar por uma análise química (HARRIS, 1999).

Extracção separação de um ou mais componentes de uma mistura mediante solventes apropriados (GONÇALVES, 1983).

RGB é a abreviatura do sistema de cores aditivas formado por Vermelho (Red), Verde (Green) e Azul (Blue). O propósito principal do sistema RGB é a reprodução de cores em dispositivos electrónicos como monitores de TV e computador, "datashows", scanners e câmeras digitais, assim como na fotografia tradicional ([http:// www.umsiko.co.za/links/rgb1.html](http://www.umsiko.co.za/links/rgb1.html)).

Software código-fonte aberto é um software que está disponível para modificação ou aperfeiçoamento por qualquer pessoa interessada (<http://www.Opensource.com>).

Pipetar – retirar um líquido com pipeta (HARRIS, 1999).

RESUMO

O presente trabalho tem como objectivo usar a imagem digital para a quantificação de fósforo existente em amostras de solo e/ou fertilizantes como alternativa ao uso do espectrofotómetro UV-VIS (ultra violeta-visível). Foi construído um equipamento que viabiliza a obtenção das fotografias das soluções coloridas, este equipamento foi projectado para facilitar a obtenção das intensidades de luz que atravessam as amostras. Foi avaliada a potência de luz para que o mesmo processo fotográfico garantisse fotografias de boa qualidade, fotos que tornam possível a leitura da intensidade de luz. Primeiramente as rectas de calibração foram obtidas na base de tinta de carimbo azul evitando-se gastos de reagentes; Na segunda fase as rectas de calibração foram obtidas na base de reagentes apropriados para a determinação de fósforo e de seguida determinou-se fósforo solúvel em água nos fertilizantes Ureia, Superfosfato duplo e 12-24-12. Foram capturadas imagens das soluções coloridas previamente colocadas em tubos de colecta adaptados para funcionar como cuvette no equipamento criado, onde a fonte de luz é uma lâmpada fluorescente de 5 W. As fotos foram transferidas para um programa de edição de imagem, onde foram recortadas e eliminando as laterais e aproveitada a parte central de cada foto numa área de 15 mm x 15 mm, de seguida foram lidas as intensidades de luz que atravessa cada amostra. Os valores foram exportados para o Microsoft Excel calculadas as absorbâncias e correlacionadas com suas concentrações, obtendo assim curvas de calibração que facilitaram a interpolação de concentrações de fósforo em amostras de fertilizante. Para a análise de viabilidade do método, os resultados obtidos foram comparados com os resultados do método espectrofotométrico. Com os resultados da comparação, foi possível concluir que o método de imagem digital é uma alternativa fiável e promissora para a determinação de fósforo em solos e/ou fertilizantes, sendo que com a aplicação deste método pode-se minimizar o impacto do problema levantado nesta pesquisa.

Palavras-chave: Alternativa; Espectrofotometria; Fósforo; Imagem Digital.

ÍNDICE

Conteúdo	página
I. INTRODUÇÃO	1
1.1. Problema de estudo	2
1.2. Justificativa	3
1.3. Objectivos:	4
1.3.1. Geral	4
1.3.2. Específicos	4
II. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	5
2.1. Conceitos básicos sobre fotografia	5
2.1.1. Estúdio fotográfico	5
2.1.2. Iluminação	5
2.1.3. Resolução e nitidez	5
2.1.4. Ruído	5
2.2. Espectrofotometria.....	5
2.2.1. Definições	5
2.2.2. Espectrofotómetro	6
2.2.3. Constituição básica do espectrofotómetro	6
2.3. Procedimentos analíticos em espectrofotometria visível e ultravioleta.....	8
2.4. Medição quantitativamente da intensidade da cor de uma solução e sua relação exacta com a concentração	8
2.5. Lei de Beer-Lambert	11
2.6. Experiências relacionadas a presente pesquisa	11
2.6.1. Uso de imagem para quantificação de fósforo em amostras de solos	11

2.6.2.Determinação de matéria orgânica em solução por imagens obtidas por “smartphone” .	12
2.6.3.Determinação da fracção de Potássio em fertilizantes granulados utilizando imagens digitais	13
III.METODOLOGIA	13
3.1.Avaliação da potência de luz	16
3.2.Identificação da câmara	17
3.2.1.Fase I	17
3.2.2.Fase II	19
3.3. Materiais e equipamentos	22
IV.RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. Avaliação da potência de luz a ser usada para que se obtenha imagens de melhor qualidade possível ao logo do processo fotográfico.....	24
4.2.Identificação do dispositivo que pode fornecer resultados de absorbância que melhor se correlacionam com as concentrações de fósforo, (Câmera digital / Câmera de telemóvel);.....	24
4.2.1. Fase I.....	25
4.2.2.Fase II	26
2.4.Determinação de fósforo em amostras de fertilizantes através do método de imagem digital e comparação com os resultados do espectrofotómetr.....	28
V.CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	31
5.1.Conclusões	31
5.2.Recomendações e sugestões	32
VI.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

I. INTRODUÇÃO

O fósforo está presente no solo como um macronutriente e elemento essencial. Em geral, as concentrações dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) são maiores do que as dos micronutrientes (B, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo; F, I, Cl, Se e Co) (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Utilizando-se a definição inicial de ARNON & STOUT (1939), o elemento é considerado essencial quando está directamente envolvido no metabolismo da planta, desempenhando uma função específica, ou seja, nenhum outro elemento poderá substituí-lo naquela função, sendo que a planta não é capaz de completar o seu ciclo de vida na ausência deste elemento; Fazem parte deste grupo os elementos: Mo, Cu, Zn, Mn, Fe, B, Cl, S, P, Mg, Ca, K, N, O, C e H. As condições pré-estabelecidas por ARNON & STOUT (1939), permitem constatar que o fósforo que faz parte do centro das atenções desta pesquisa é um elemento fundamental para o desenvolvimento das plantas. Este elemento, como fosfato (HPO_4^{2-}) é um componente integral de importantes compostos da planta, incluindo açúcares-fosfato (como glucose 6P e Frutose 6P), fosfolipídios de membranas, nucleotídeos usados como fonte de energia (ATP) e nos ácidos nucleicos (TAIZ & ZEIGER, 2004).

A deficiência de fósforo pode reduzir tanto a respiração como a fotossíntese, também pode reduzir a síntese de ácido nucleico e de proteína, induzindo ao acúmulo de compostos nitrogenados solúveis no tecido. Finalmente, o crescimento da célula é retardado e potencialmente paralisado. Os efeitos de deficiência de fósforo estendem-se para o estacionamento da altura da planta, atraso na emergência das folhas e redução na brotação e desenvolvimento de raízes secundárias, na produção de matéria seca e na produção de sementes (MARSCHNER, 1995).

Pelo grau de importância que o fósforo tem para o desenvolvimento das plantas, desde muito tempo vem merecendo destaque em estudos de sua disponibilidade no solo para as plantas, sendo que muitos pesquisadores envolveram-se neste assunto propondo vários métodos para se saber qual quantidade de fósforo existente no solo pode ser absorvida pela planta, estas propostas vão desde a extração até a própria quantificação.

A análise do solo é o principal veículo de transferência de informações geradas pela pesquisa sobre adubação de culturas aos produtores. As recomendações de quantidades de adubos a aplicar dependem, em grande parte, da qualidade da diagnose do grau de deficiência de determinado elemento no solo proporcionada pelo método de análise (LARSEN, 1967).

A espectrofotometria é o método mais usado nas determinações analíticas em diversas áreas. É aplicada para determinações de compostos orgânicos e inorgânicos, como, por exemplo, na identificação do princípio activo de fármacos e determinação de fósforo (SILVERSTEIN *et al.*, 1994).

A presente pesquisa vem propor mais um método para o processo de quantificação deste elemento tão requerido pela planta baseando-se na integração de diversas áreas do saber em que, com uma lâmpada fluorescente adquirida em qualquer mercado ou electro-ferragem, uma câmara digital de uso quotidiano ou mesmo um telemóvel com câmara, associadas a um “software” de edição de fotos pode-se com certa exactidão determinar fósforo. Com a aplicação do método proposto é possível fazer a determinação do fósforo sem usar tecnologia dispendiosa como o uso de espectrofotómetro que é o aparelho mais usado na actualidade.

1.1. Problema de estudo

A determinação de fósforo do solo é actualmente feita mediante o uso de alta tecnologia e principalmente com o uso de espectrofotometria de absorção molecular em UV-VIS (Ultra Violeta Visível). O Espectrofotómetro, tem sido o equipamento mais usado para a determinação de fósforo devido ao seu elevado nível de precisão, mas este equipamento é extremamente dispendioso desde a aquisição, manuseamento até a sua manutenção, impossibilitando assim os agricultores de pequena e média escala, estudiosos da matéria de fertilidade de solos tanto a nível nacional como internacional de fazer análises de disponibilidade de fósforo no solo.

Segundo MINAG (s/d) a agricultura em Moçambique é praticada por cerca de 80% da população, em que o BANCO MUNDIAL (s/d) considera que cerca de 60% dos 24,4 milhões de moçambicanos vive nas áreas rurais; sendo que a mesma tem uma fraca acessibilidade aos laboratórios de análise química de solos. Maior parte da população pratica a agricultura em solos dos quais pouco ou nada se sabe sobre a disponibilidade de nutrientes (como o fósforo), isto devido aos altos custos financeiros e tecnológicos que a análise de fósforo acarreta. O cultivo em áreas desconhecidas cria uma alta susceptibilidade a queda de produtividade ou o não alcance dos rendimentos esperados, pois torna-se difícil o processo de fertilização ou recomendação de dosagens de fertilizantes, em que quando feitas, são baseadas em conhecimentos empíricos.

Mesmo com a existência de serviços de extensão agrária nota-se uma certa fragilidade no que diz respeito a análise química do solo, sendo que quando há a necessidade de análises, os serviços de extensão devem recorrer ao IIAM (Instituto de Investigação Agrária de Moçambique) para se proceder a análise em causa, este facto trás consigo custos financeiros, tecnológicos e tempo de espera, pois a instituição em causa precisa responder as necessidades de todo país. Com a elaboração da presente pesquisa torna-se possível a análise química do solo em especial a quantificação de fósforo a nível regional ou seja os agricultores poderão analisar seus próprios campos de produção.

1.2. Justificativa

Com desenvolvimento do presente trabalho será possível obter um método mais acessível a comunidade agrícola de baixa capacidade financeira para a quantificação de fósforo existente no solo, diminuindo assim os índices de cultivo em áreas das quais pouco se sabe sobre as propriedades químico-nutricionais para as culturas. Os serviços de extensão ganham neste método a facilidade de analisar os solos das comunidades sem que haja a necessidade de enviar as amostras para um laboratório convencional como o do IIAM, e além do mais aliviar-se-á a escassez de laboratórios de solos sedo que o presente método é mais prático por usar tecnologia bem mais acessível do que o espectrofotómetro. O presente trabalho é uma mais-valia para a comunidade académica que passa a ter um instrumento fiável e financeiramente acessível para a análise de solos.

Sem deixar de enquadrar o presente estudo nos ideais do Ministério da Ciência e Tecnologia que promove a oferta de soluções científicas e tecnológicas nas áreas estratégicas de desenvolvimento definidas nos programas do Governo de Moçambique, no PARP (plano de acção para redução da pobreza), e em todos os documentos de desenvolvimento nacionais, visando o aumento da qualidade de vida dos cidadãos moçambicanos (CLCTM, 2007)

1.3. Objectivos:

1.3.1. Geral

- Usar a imagem digital para a quantificação de fósforo existente em amostras de solo e/ou fertilizantes como alternativa ao uso do espectrofotómetro UV-VIS.

1.3.2. Específicos

- Avaliar a potência de luz a ser usada para que se obtenha imagens de melhor qualidade possível ao longo do processo fotográfico;
- Identificar a dispositivo que pode fornecer resultados de absorbância que melhor se correlacionam com as concentrações de fósforo (Câmara digital /Câmara de telemóvel);
- Determinar o fósforo em amostras de fertilizantes através do método de imagem digital e comparar os resultados os obtidos espectrofotometricamente.

II. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1. Conceitos básicos sobre fotografia

2.1.1. Estúdio fotográfico

Segundo CANAL FOTOGRAFIA (2006), estúdio fotográfico é o local utilizado para a captação de fotografia em que o fotógrafo tem controlo total sobre os principais factores que influenciam para a qualidade da fotografia; dos quais destacam-se:

2.1.2. Iluminação

É o modo de utilização de fonte ou fontes de luz, tendo em vista criar ou se adaptar a uma situação capaz de ser registada (GIRAFAMANIA, 2012).

2.1.3. Resolução e nitidez

A resolução é um factor importante na nitidez porque ela mensura o número de pontos (pixéis) que a imagem terá para ser formada e com isso, afecta directamente a definição dos elementos a serem fotografados (CANAL FOTOGRAFIA, 2006).

2.1.4. Ruído

O ruído é uma perda na imagem, um pixel que registou uma informação equivocada devido a algum tipo de interferência externa ou interna. Esse ruído trata-se de um ponto perdido na imagem, o que acaba por reduzir a qualidade real da fotografia (CANAL FOTOGRAFIA, 2006).

2.2. Espectrofotometria

2.2.1. Definições

Segundo HARRIS (1999), a espectrofotometria pode ser definida como toda técnica analítica que usa a luz para medir as concentrações das soluções, através da interacção da luz com a matéria.

Segundo SKOOG & LEARY (1992), é a medição da luz que é absorvida ou emitida por uma espécie química.

2.2.2. Espectrofotômetro

Segundo SKOOG & LEARY (1992), espectrofotômetros são instrumentos capazes de registrar dados de absorvância ou transmitância em função do comprimento de onda. Este registro é chamado de espectro de absorção ou de espectro de transmissão, segundo o dado registrado for de absorvância ou transmitância, respectivamente.



Figura 1: Espectrofotômetro UV- VIS Modelo: 3100 JP SELECTA

Fonte: *wikipédia*

2.2.3. Constituição básica do espectrofotômetro

Os espectrofotômetros, em geral, contêm cinco componentes principais:

- Fontes de radiação;
- Monocromador;
- Recipientes para conter as soluções;
- Detectores e
- Registrador.

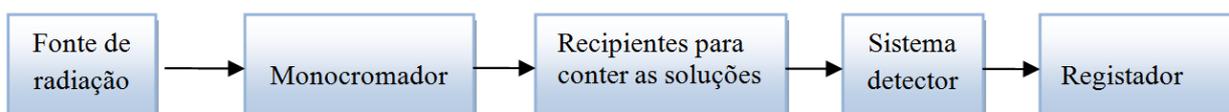


Figura 2: Esquema dos principais constituintes do espectrofotômetro

Fonte: *SILVERSTEIN et al, (1994)*

a) Fontes de radiação

Para que uma fonte de radiação seja considerada de boa qualidade deve:

Gerar radiação contínua, ou seja, emitir todos os comprimentos de onda, dentro da região espectral utilizada; ter intensidade de potência radiante suficiente para permitir a sua detecção pelo sistema detector da máquina e ser estável, isto é, a potência radiante deve ser constante.

Os aparelhos mais simples que medem a transmitância utilizam como fonte de luz uma lâmpada de tungstênio simples, aquela utilizada na iluminação residencial, podendo ser encontrados outros tipos de lâmpadas em outros aparelhos como por exemplo: lâmpada de quartzo-iodo que emite radiação de 200 a 3000 nm (SKOOG & LEARY, 1992).

b) Monocromadores

Segundo SKOOG & LEARY (1992), monocromadores são dispositivos essenciais dos espectrofotômetros e tem como função a seleção do comprimento de onda de que se tem interesse para a análise. É constituído de uma fenda de entrada, de um elemento de dispersão de radiação e de uma fenda de saída.

c) Recipiente para conter as soluções

São usados como recipientes cubas ou cubetas (cuvettes) retangulares de vidro ou quartzo. As cubetas de vidro são usadas quando se trabalha na região do visível. Para a região do ultravioleta, devem-se usar as cubetas de quartzo, que são transparentes à radiação ultravioleta, pois o vidro absorve a mesma. Uma cubeta ideal deve ser de 1cm, para simplificar os cálculos da expressão da Lei de Beer. As cubetas também podem ter dimensões diferentes, e esse dado deve ser considerado na hora do cálculo (SKOOG & LEARY, 1992).

d) Sistema detector

Segundo SKOOG & LEARY (1992), este é que gera um sinal elétrico proporcional à intensidade de luz percebida. Esse sinal elétrico seria repassado a um registador que ira traduzir a informação em números e apresenta-los.

2.3. Procedimentos analíticos em espectrofotometria visível e ultravioleta

Análise qualitativa: pela análise da absorbância é possível determinar a espécie química presente na amostra. Também é possível detectar contaminações ou processos de decomposição de matérias-primas pela comparação dos espectros de absorção da matéria e do padrão da mesma (SILVERSTEIN *et al.*, 1994).

Análise quantitativa: a condição essencial para qualquer determinação por espectrofotometria no visível e ultravioleta é a observação da lei de Beer-Lambert. (SILVERSTEIN *et al.*, 1994).

Outras condições como pH, técnicas de extração por solventes, ajuste do estado de oxidação, remoção prévia dos interferentes, controle da força iônica do meio, e as variações das temperaturas também são observadas (SILVERSTEIN *et al.*, 1994).

2.4. Medição quantitativamente da intensidade da cor de uma solução e sua relação exacta com a concentração

Segundo CHRISTIAN (1994), as substâncias são coloridas porque absorvem luz visível. Desse modo, a luz que emerge de uma substância só vai ter os comprimentos de onda (frequências) que ela não absorveu. A retina verá, então, mais fortemente as cores que deixaram de ser absorvidas. O preto existirá quando a substância absorve todas as cores da luz visível. Cada substância, pela sua estrutura molecular, absorve um padrão de cores específico. Desse modo, o padrão de cores reflectido e absorvido determinará a cor final da substância. Pode-se concluir que a cor da substância é a luz que ela não absorveu.

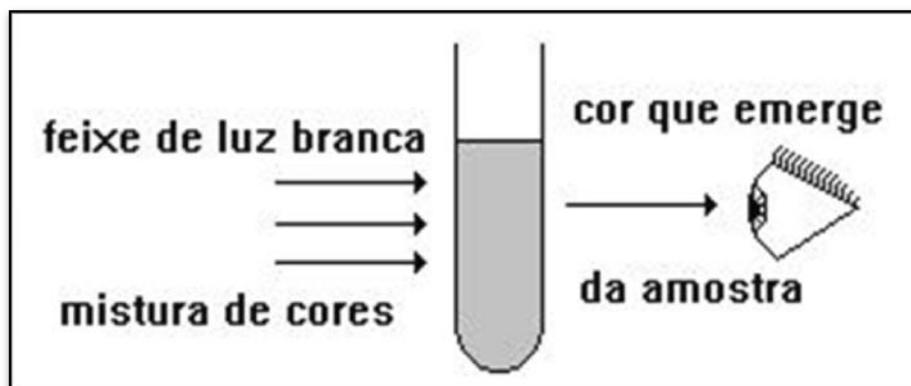


Figura 3: Mecanismo de percepção da cor pela retina

Fonte: CHRISTIAN (1994)

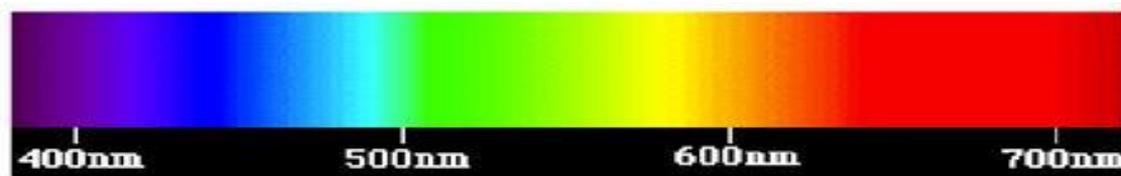


Figura 4: Espectro dos comprimentos de onda da luz visível.

Fonte: SOUTO (2000)

Tabela 1: Relação aproximada entre absorção de luz e cor

Comprimento de onda (λ)	Cor visível	Cor da radiação absorvida
<400	-	Ultravioleta
400-435	Verde e verde amarelado	Violeta
435-480	Amarelo	Azul
480-490	Laranja	Azul esverdeado
490-500	Vermelho	Verde azulado
500-560	Púrpura	Verde
560-580	Violeta	Amarelo esverdeado
580-595	Azul	Amarelo
595-600	Azul esverdeado	Laranja
600-750	Verde azulado	Vermelho
>750	-	Infravermelho

Fonte: JEFFREY *et al.*, (1992)

Essa tabela revela que uma substância que é amarela aos olhos humanos tem como cor mais fortemente absorvida o azul, Uma substância azul tem como cor complementar o amarelo, que é a cor mais fortemente absorvida. (JEFFREY *et al.*, 1992)

Segundo CHRISTIAN (1994), para conhecer a concentração de uma substância mede-se a luz absorvida e não a reflectida. Melhor ainda, incide-se sobre a amostra apenas a luz que interessa (aquela que é absorvida) e exclui-se os outros comprimentos de onda. O que se mede directamente não é a quantidade de luz absorvida. Só se poderia fazer isto se houvesse um detector junto a cada molécula, para ver se ela absorveu ou não o fóton. O que se faz normalmente é medir a luz que consegue passar, e não a luz que é absorvida.

Se for incidido um feixe de luz com intensidade P_0 , após passar pela amostra ele terá uma nova intensidade P , menor do que P_0 , pois uma parte da luz foi absorvida. A intensidade de P depende da intensidade de P_0 , da concentração do analito (C), do diâmetro do tubo (caminho óptico - b), do comprimento de onda que incide (λ) e, da espécie da amostra observada (CHRISTIAN, 1994).

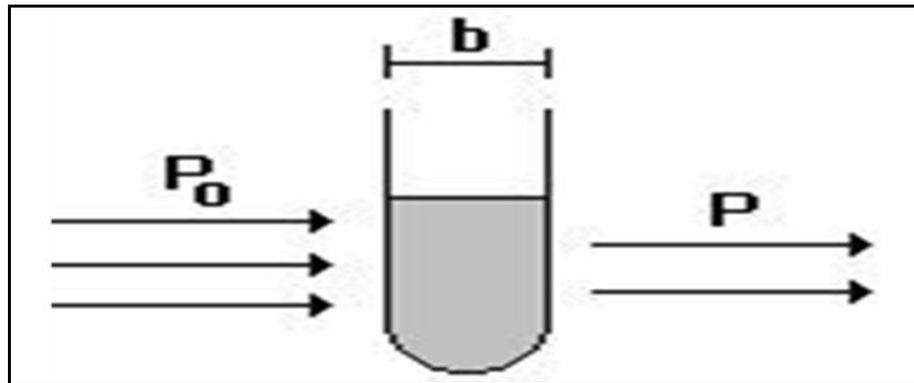


Figura 5: Esquema ilustrativo do princípio da transmitância

Fonte: CHRISTIAN (1994)

Legenda:

$P_0 = I_0$ que é a intensidade da radiação incidente

$P = I$ que é a intensidade da radiação transmitida

Para se medir concentração, os outros factores não podem variar e devendo-se manter:

- O mesmo comprimento de onda para o mesmo tipo de amostra.
- A mesma espessura do cuvette.
- A mesma intensidade de P_0 .

Segundo SKOOG & LEARY (1992), O processo de absorção se inicia quando a luz passa através da amostra. A quantidade de luz absorvida é a diferença entre a intensidade da radiação incidente I_0 e a radiação transmitida I . A quantidade de luz transmitida é expressa tanto em transmitância como absorbância. A transmitância é definida como:

$$T = \frac{I}{I_0} \quad \text{Eq: (1)}$$

Onde:

T – Transmitância

A – Absorbância

$P_0 = I_0$ que é a intensidade da radiação incidente

$P = I$ que é a intensidade da radiação transmitida

E a absorbância relaciona-se com a transmitância da seguinte forma:

$$A = \log_{10} \left(\frac{1}{T} \right) = -\log_{10} T \quad \text{Eq: (2)}$$

Segundo JEFFREY *et al* (1992) Os valores de T variam de 0 a 1, podendo se calculados em percentagem bastando multiplicar a T por 100%. A medição da I_0 é feita com a cubeta contendo só o solvente. Dessa forma, o decréscimo de transmitância será devido única e exclusivamente à acção da substância absorvente. Se a amostra nada absorve, $P = P_0$ e $T = 1$. Se a amostra tudo absorve, $P = 0$ e $T = 0$.

2.5. Lei de Beer-Lambert

Segundo SKOOG & LEARY (1992), Uma expressão mais conveniente para a intensidade da luz, neste caso, é obtida através da lei de Beer-Lambert, que pressupõe que:

A fracção de luz absorvida por cada camada da amostra é a mesma. Ou seja, estabelece que absorbância é directamente proporcional ao caminho (b) que a luz percorre na amostra, à concentração (c) e à absortividade (ϵ):

$$A = \epsilon cb = \log \left(\frac{I_0}{I} \right) \quad \text{Eq: (3)}$$

2.6. Experiencias relacionadas a presente pesquisa

2.6.1. Uso de imagem para quantificação de fósforo em amostras de solos

No procedimento de MENDES., *et al.* (2013), a amostra padrão de fósforo utilizada foi diluída até uma concentração de 100 mg/L. Foram feitas determinações de fósforo em amostras de Latossolo tratado com e sem adubação fosfática. Para a extracção foi utilizada solução de Mehlich-1 (EMBRAPA, 2009). Estas amostras, em um tubo de ensaio, foram

posicionadas a frente de um fundo branco iluminado unicamente por lâmpadas de fluorescente de 5 W. As imagens dos padrões de fósforo e das amostras foram capturadas em três repetições por uma câmera digital simples com qualidade de 3 megapixéis sem flash e três repetições por uma câmera de celular de qualidade de 8 megapixéis também sem o flash. Após isso, as imagens foram inseridas no programa GIMP e extraída a intensidade de cores RGB do ponto mais central do tubo.

Esses valores foram exportados para o software Excel. Desses valores foram feitas as médias da intensidade das cores de cada imagem, transformando-as em absorbâncias e para uma correlação das absorbâncias com as concentrações dos padrões. Para calcular a absorbância foi utilizado o método proposto por OLIVEIRA *et al.* (2007). As leituras dos padrões e das amostras, além de terem sido realizadas pelo método alternativo também foram determinadas por espectrofotometria UV-VIS no comprimento de onda de 660 nm, para comparação com o método por captura de imagem (MENDES., *et al* 2013).

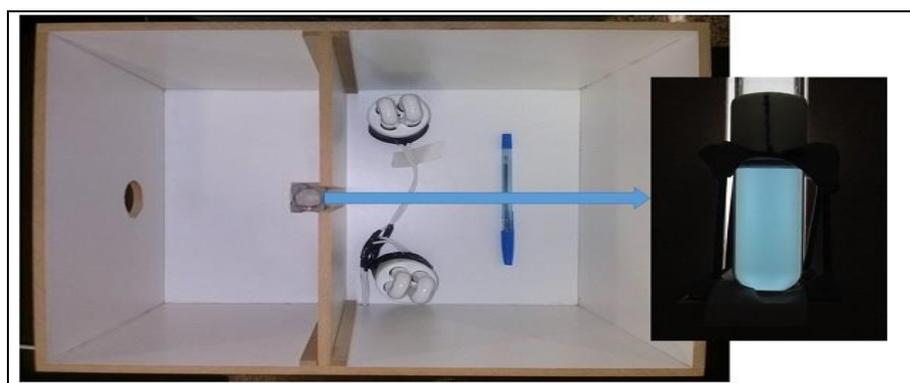


Figura 6: Caixa utilizada na captura das imagens das soluções e a sua direita a imagem capturada por uma das câmeras dentro da mesma caixa.

Fonte: (MENDES., *et al* 2013).

2.6.2. Determinação de matéria orgânica em solução por imagens obtidas por “smartphone”

Segundo SOUZA *et al.*, (2014), o laboratório de análises agro-ambientais da EMBRAPA enfrentou dificuldade de manutenção de seu único espectrofotômetro, que é utilizado na determinação de fósforo em solo, tecido vegetal, para a determinação de matéria orgânica (MO) do solo.

Por tudo isso, SOUZA *et al.*, (2014), propõe a determinação de MO do solo através de imagens digitais obtidas por um celular “smartphone“ em substituição à análise espectrofotométrica que detecta o íon Cr^{3+} (verde) como produto da reacção de oxidação da MO por $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (dicromato de potássio) em solução.

A partir de cada imagem foi extraído um histograma de frequência no sistema colorimétrico RGB (“Red“, “Green“, “Blue“) resultando em 768 variáveis justapostas. Dessas, apenas 5 variáveis foram seleccionadas através do algoritmo das projecções sucessivas e a partir dessas construiu-se uma calibração por regressão linear múltipla para prever a $[\text{Cr}^{3+}]$ e, por conseguinte, a MO do solo.

Portanto, a determinação de MO por imagem digital se mostrou uma alternativa aplicável e a estratégia utilizada pode ser aplicada a qualquer método espectrofotométrico na região do visível.

2.6.3. Determinação da fracção de Potássio em fertilizantes granulados utilizando imagens digitais

FELIPE, *et al.*, (2014) relata que, testes utilizando imagens do sal puro de potássio (grânulo de cor vermelha) forneceram sua cor RGB (intensidade relativa de vermelho, verde e azul). Em seguida foi determinada a cor da mistura de fertilizante de potássio por aquisição das imagens das amostras.

Para cada amostra é produzido um histograma que relaciona o número de pixéis existentes com a cor da imagem, e de posse da cor característica do grânulo de potássio é possível correlacionar quantos pixéis possuem esta cor e compará-lo com o número total pixéis da imagem.

III. METODOLOGIA

Para que o presente trabalho fosse uma realidade houve necessidade de se construir um estúdio fotográfico, este consiste em uma caixa idealizada para a captação de imagens das soluções coloridas para posterior detecção da intensidade de cor ou da luz que atravessa a amostra, esta caixa foi construída com o intuito de dar ao utilizador maior controlo dos factores que influenciam na qualidade da fotografia e facilitar o processo fotográfico, pois o estúdio em causa tem a capacidade e tornar os elementos intervenientes no processo constantes, variando apenas a intensidade de cor das amostras devido a diferença de concentrações.

De entre os vários elementos que influenciam no processo fotográfico na presente pesquisa é preponderante destacar a distância entre a câmara e a amostra, a posição da amostra perante a câmara, a posição e distância da fonte de luz para além do tipo de câmara a usar. No equipamento proposto pela presente pesquisa, a distância entre a câmara e a amostra é de 2 cm, e a distância entre a fonte de luz e a amostra é de 10 cm, quanto a posição da amostra perante a câmara e a fonte de luz importa referir que estes estão dispostos em uma sequência vertical de baixo para cima, sendo que primeiro encontra-se a fonte de luz, de seguida (10 cm depois) a amostra e finalmente (2 cm depois) a câmara. Estas distâncias foram projectadas pelo pesquisador de acordo com o tamanho do equipamento por ele criado.

O estúdio fotográfico em questão é uma caixa de madeira construída pelo pesquisador com ajuda de carpinteiros experientes, sendo ela uma versão estruturalmente diferente da caixa desenvolvida por MENDES *et al.*, (2013) em sua pesquisa em redor do mesmo tema.

Esta caixa apresenta uma forma cúbica com cerca de 25 cm de comprimento, largura e altura, e é constituído por dois compartimentos sobrepostos em que o de baixo alberga o sistema gerador de luz e o de cima é o local onde as soluções são colocadas para o processo fotográfico. Esta caixa goza ainda de um sistema localizado no seu topo, que tem a função de fixar e regular o posicionamento de qualquer tipo de câmara que se pretenda usar. Este mecanismo é baseado em um sistema de dois parafusos que quando girados eles movimentam duas placas de madeira que podem apertar ou soltar a câmara usada nesse momento. Ao apertar os parafusos se esta a regular a posição ideal para a obtenção das fotos, para além de fixar a câmara num único lugar.



Figura 7: Configuração interna e externa estúdio fotográfico



Figura 8: Mecanismo de funcionamento interno do estúdio

Legenda:

- 1- Fontes de radiação;
- 2- Direcionador da radiação;
- 3- Assento do recipiente que contém as soluções;
- 4- Recipientes para conter as soluções.
- 5- Mecanismo de fixação da câmera

Para evitar a exposição das empresas fabricantes das câmeras usadas, nesta pesquisa não serão reveladas as marcas das mesmas, sendo que a informação possível de revelar é o número de pixels e a descrição se é uma câmera digital ou um telemóvel com câmera; nesta vertente são mencionados a seguir os dispositivos usados nesta pesquisa: uma câmera digital de 16.1 megapixels (com problema de focagem) e dois telemóveis com câmera sendo um de 2 megapixels e outro de 0.3 megapixels. A seleção das câmeras foi baseada na acessibilidade das mesmas ao pesquisador. Sendo que dois dos três aparelhos foram cedidos por pessoas próximas a título de empréstimo, isto devido falta de fundos para a aquisição das mesmas.

3.1. Avaliação da potência de luz

Para a avaliação da potência de luz a ser usada para que se obtenha imagens de melhor qualidade possível foi escolhida a câmera digital de 16.1 megapixéis, por oferecer maior resolução que as outras câmeras disponíveis. Nesta etapa, foram experimentadas diferentes potências de luz, usando-se lâmpadas fluorescentes de 5, 12 e 20 watts (W) para iluminar durante a captação de fotografias de um fundo branco existente na base idealizada para assentar os recipientes que contem as soluções. Primeiramente foram feitos testes com uma única lâmpada de cada vez em que a mesma localizava-se no centro da caixa mas posteriormente testou-se as lâmpadas aos pares em que as mesmas localizavam-se uma do lado esquerdo e outra do lado direito do assento das amostras, sendo elas de 5W+5W, 12W+12W e 20W+20W respectivamente. As fotos captadas foram enviadas para o “software” Gimp para a leitura da intensidade de luz RGB, obteve-se diferentes intensidades consoante a potência que fora fornecida, sendo que dependendo da quantidade de luz fornecida à caixa, as fotos captadas apresentam um branco mais ou menos aproximado ao branco referencial de intensidade 255 RGB.

O **Gimp** é uma ferramenta de desenho e tratamento de imagem sob a forma de programa de código-fonte aberto (“Open Source”) que funciona quer em ambiente Windows, quer em ambiente Linux. Este software permite realizar tarefas de aquisição e tratamento de imagem estática. (RAMOS *et al.*, 2007)

Este software tem um aplicativo que faz a leitura das intensidades de luz das fotografias nele inseridas, tal aplicativo chamado histograma em que por baixo do mesmo são apresentados os valores da intensidade RGB (**vide Apêndice 17**). O interior do estúdio é branco assim como as lâmpadas fluorescentes usado, essa cor foi escolhida por ser a cor com o RGB mais elevado (255), e porque segundo SOUTO (2000) o branco é a mistura das intensidades máxima das cores primárias vermelho, azul e verde. Realizadas cinco réplicas na leitura do RGB, para cada potência de luz fornecida, estabeleceu-se a intensidade média considerando também o desvio padrão:

$$\bar{x} \pm s \qquad \text{Eq: (4)}$$

Onde:

\bar{x} – Média;

s – Desvio padrão;

3.2. Identificação da câmera

Para a identificação da câmera que pode fornecer resultados de absorbância que melhor se correlacionam com as concentrações de fósforo a pesquisa foi dividida em duas fases que foram executadas de forma consecutiva, sendo a primeira fase a de testes preliminares usando uma tinta de carimbo azul, e a segunda e última usando reagentes apropriados para a preparação da serie padrão de fósforo.

3.2.1. Fase I

Sendo esta a fase inicial da identificação, usou-se a tinta de carimbo azul, evitando-se assim gastos desnecessários de reagentes tendo em conta que estes são muito caros. Escolheu-se a tinta de carimbo azul por ela ser solúvel em água, favorecendo a preparação das soluções de teste, e porque após a mistura dos reagentes da determinação de fósforo forma-se um complexo de fósforo-molibdênio cuja cor é azul variando a intensidade de acordo com a concentração de fósforo.

a) Materiais

- Tinta de carimbo azul -fabricante: ELITE-Malasia, (**ver imagem em apêndice 15**)
- Uma garrafa plástica de 1 litro
- Três copos descartáveis
- Seis Copos de vidro (domésticos)
- Seringas de 10 e 20 ml
- “Software” Gimp instalado num computador de sistema “Windows”
- Telemóveis com câmera (TB de 2 megapixéis e TZ de 0.3 megapixéis)
- Câmera digital (DS de 16.1 megapixéis)

b) Procedimentos

1. Na garrafa plástica de 1litro, foi colocada uma gota de tinta de carimbo azul e perpez-se o volume com água de torneira.
2. Encheu-se um dos copos descartáveis com essa solução colorida para facilitar a pipetagem.
3. Nos outros dois copos descartáveis colocou-se água de torneira, para lavagem da seringa e para a dissolução da solução concentrada ao longo do processo de preparação da serie padrão.

4. Com auxílio da seringa, nos copos de vidro foi misturada água e a solução concentrada de tinta de carimbo variando as suas quantidades e obtendo as concentrações hipotéticas a baixo apresentadas:

Tabela 2: proporções da diluição da tinta de carimbo

Proporção		Concentrações $\left[\frac{\text{gota de tinta}}{\text{litros de água}}\right]$	Concentrações $\left[\frac{\text{Tinta diluída a } 1 \frac{\text{gota}}{\text{L}} \text{ (mL)}}{\text{volume total}}\right]$
Tinta diluída a 1 gota/L (mL)	Água (mL)		
0	100	0.0	0.0
10	90	1 gota/10 L	0.1
20	80	1 gota/5L	0.2
30	70	1 gota/3.33L	0.3
40	60	1 gota/ 2.5 L	0.4
50	50	1 gota / 2L	0.5

As soluções foram transferidas para os cuvettes. Na presença de uma luz de 20 W os cuvettes (tubos de colecta) foram colocados no estúdio fotográfico e com a luz acesa fotografou-se cada solução contida nos tubos.

As fotos foram enviadas ao computador, recortadas e lidas as intensidades de luz através do sistema RGB contido no “software” Gimp (**Apêndice 17 e 18**). O recorte que se refere é a eliminação das partes não importantes da foto, pois segundo MENDES *et al.*, (2013) a parte que interessa a pesquisa é exactamente o centro de cada foto em que na presente pesquisa o recorte foi quadrangular de 15mm x 15mm. A leitura das intensidades baseia-se em inserir as fotos no software e colher o valor apresentado no histograma RGB apresentado.



Figura 9: Tubo usado para conter a solução colorida (cuvette)

Com as intensidades de luz obteve-se as absorbâncias de acordo com expressão que se segue:

$$Abs = \log \left(\frac{I_0}{I} \right) \quad Eq:(5)$$

Onde:

Abs – Absorbância

I – Intensidade de luz

*I*₀ – Intensidade inicial (tubo contendo água destilada)

Para cada câmera foram feitas 5 réplicas com o objectivo de se obter intervalos de confiança de acordo com os procedimentos previamente referidos. Calculadas as médias das absorbâncias, foram estabelecidos os gráficos que relaciona as concentrações e as absorbâncias médias, de acordo com a lei de Beer-Lambert que estabelece que:

A absorção da radiação luminosa depende da população de moléculas no estado fundamental, sendo que a absorbância é directamente proporcional á concentração do anólito na solução (SKOOG & LEARY, 1992). Com estes gráficos tornou-se possível a identificação preliminar das câmeras que podiam fornecer resultados de absorbância que melhor se correlacionam com as concentrações de fósforo. Os gráficos obtidos apresentaram uma forma zig-zag. Para gráficos com tendência linear foi calculada e traçada a respectiva recta, facilitando assim o cálculo ou dedução das equações das rectas e do R². Para gráficos zig-zag cuja tendência é uma curva foi estimada a tendência por análise visual e calculada uma equação e a curva polinomial representativa.

3.2.2. Fase II

Esta etapa caracteriza-se pela substituição da tinta de carimbo azul pelos reagentes próprios para o processo de coloração. Primeiro preparou-se a serie padrão na base de dihidrogrno-fosfato de potássio e depois fez-se a mistura de coloração na base de molibdato de amónio, acido ascórbico e tartarato duplo de antimónio e potássio em que as quantidades são indicias na etapa de preparação da serie padrão e sua coloração que é descrita nos pontos subsequentes.

a) Preparação da serie padrão e sua coloração

Serie padrão

Solução “A” (500 mg P/L)

- Pesou-se 2.195 g de dihidrogeno-fosfato de potássio (KH_2PO_4);
- Transferiu-se para balão de 1L e dissolveu-se com água destilada;
- Adicionou-se 1mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado;
- Completou-se o volume para 1L usando água destilada e agitou-se por alguns minutos até que os graus de KH_2PO_4 se dissolveram completamente.

Solução “B” (10 mg P/L)

Pipetou-se 5 mL da solução “A” para balão volumétrico de 250 mL e completou-se o volume com água destilada.

b) Soluções “C” e Coloração serie padrão segundo EMBRAPA (2009)

- Para 6 balões volumétricos de 100 mL, pipetou-se 0.0 mL; 10 mL; 20 mL; 30 mL; 40 mL; e 50 mL da solução “B” que contém 10 mg P/L.
- Adicionou-se a cada balão:
 - 30 mL de água destilada;
 - 15 mL da mistura de reagentes para a coloração. (procedimentos de preparação na alínea “c”)
 - Água destilada completando o volume de 100mL.

Nos seis balões referidos, as concentrações finais são de: 0.0 mg P/L; 1.0 mg P/L; 2.0 mg P/L; 3.0 mg P/L; 4 mg P/L e 5mg P/L.

c) Mistura de reagentes para coloração segundo EMBRAPA (2009)

- Pesou-se para um vidro de relógio 2.87g de ácido ascórbico;
- Para um outro pesou-se 0.074g de tartarato duplo de antimônio e potássio;
- Transferiu-se os dois reagentes para balão volumétrico de 1 L e adicionar 500 mL de água destilada; Agitar até que se dissolver completamente;
- Adicionou-se 300 ml de molibdato de amônio 1% (preparação patente na alínea “d”)
- Completar o volume com água destilada para 1 litro.

d) Solução de molibdato de amônio 1% em H₂SO₄ segundo EMBRAPA (2009)

- Pesou-se 10g de molibdato de amônio para copo de 1 L
- Adicionou-se 250mL de água destilada
- Filtrou-se usando papel de filtro whatmann^o42
- Acrescentou-se mais 250 mL de água destilada
- Cuidadosamente foi adicionado 125 mL de ácido sulfúrico concentrado
- Completou-se o volume e guardou-se a solução em uma garrafa escura

Segundo OLSEN (1954), esta serie padrão pode ser aplicada para a determinação de fósforo em solos pelo método de Olsen (bicarbonato de sódio como solução extractora), sendo que isto depende muito da concentração de fósforo existente nesse solo. Para solos com concentrações muito baixas isto é, abaixo de 1.0 mg P. Kg⁻¹ de fósforo é mais viável preparar uma serie padrão de concentrações: (0.0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1.0) mg P.L⁻¹.

Terminada a preparação das soluções da serie padrão, elas foram deixadas cerca de 30 minutos para desenvolver a cor azul, e fez-se as leituras primeiro no espectrofotômetro a 660nm de comprimento de onda e posteriormente no método proposto pela presente pesquisa, A serie padrão apresentava colorações menos intensa que a serie da tinta de carimbo, houve a necessidade de se diminuir a potência de luz de 20 para 5W, pois as câmeras não conseguiam destituir as diferentes cores de cada padrão devido ao excesso de luz. Clarificando-se desde já que a potência usada nesta pesquisa foi de 5 W.

Para a determinação de fósforo através do método proposto por esta pesquisa, pipetou-se com a seringa 4 mL de cada solução, para os cuvettes adaptados para o equipamento; os cuvettes, um por um foram colocados no estúdio e fotografadas as soluções na presença de luz

de 5W usando as câmeras seleccionadas. Os recipientes em causa são tubos usados na colecta de amostras de sangue em laboratórios hospitalares.

Para o tratamento das fotos e cálculos das absorbâncias seguiu-se os mesmos trâmites discretos na fase I.

e) Princípio do processo de determinação de fósforo solúvel em água presente em fertilizantes

Fundamenta-se no uso da água para a extracção de fósforo presente nas amostras. Na sequência, a reacção de fosfato com os reagentes de coloração produz um complexo azul. Aplica-se a todos fertilizantes, com excepção daqueles que produzem soluções coloridas logo na extracção. (EMBRAPA, 2009)

Foram seleccionadas três fertilizantes para se proceder a determinação de fósforo pelo método proposto e pelo método espectrofotométrico para posterior comparação de resultados. Não foi feita a determinação de fósforo em amostras de solos, pois os procedimentos para solos são semelhantes com os da determinação de fósforo em fertilizantes, mudando somente a parte da extracção que é a primeira etapa evitando-se assim o gasto dos reagentes que já eram escassos. Pelo facto de a extracção de fósforo em solos introduzir substâncias contaminadoras, outra pesquisa é necessária para confirmar o uso do presente método em extracções de solos. De referenciar que o laboratório onde foram feitas as experiências (IIAM) não possuía no momento o bicarbonato de sódio para a extracção de fósforo em solos pelo método de Olsen. Os fertilizantes escolhidos pelo pesquisador foram 12-24-12, Superfosfato duplo e ureia.

f) Extracção de fósforo solúvel em água presente nos fertilizantes

Pesou-se aproximadamente 1g do fertilizante e colocou-se em papéis de filtro (whatman nº42) dispostos em funis previamente colocados no topo de “erlnmayers” de 250 mL. Devido ao tamanho dos grãos dos fertilizantes, as pesagens foram ligeiramente imprecisas sendo 1.000 g para ureia, 1.042 g para superfosfato duplo e 1.329 g para 12-24-12.

Dissolve-se o fertilizante passando água destilada pelo papel de filtro sendo que o extracto caia dentro do “erlnmayer” até que se complete os 250 mL; o extracto deve estar pronto em uma hora no máximo.

g) Coloração das amostras

- Pipetou-se 1 mL dos extractos para balões volumétricos de 50 mL;
- Adicionou-se 30 mL de água destilada em todos balões;
- Pipetou-se para todos balões 15 mL da mistura de reagentes para a coloração;
- Perfez-se o volume com água destilada;

Para o cálculo da concertação de fósforo presente em fertilizantes, primeiramente foi calculada concentração em mg.L^{-1} dos extractos de amostra tendo como base a equação de regressão oferecida pela recta de calibração e posteriormente foi calculada a percentagem de fósforo solúvel em água presente nas amostras (**Vide os cálculos em Apêndice 12**).

3.3. Materiais e equipamentos

A presente tabela para além de exibir os materiais e equipamentos usados, mostra a proposta do pesquisador no que diz respeito aos materiais e equipamentos alternativos de mais fácil acesso para quem não esta financeiramente capacitado para obter os aparatos de padrão primário:

Tabela 3: Materiais e equipamentos

Espectrofotometria	Método proposto pela presente pesquisa
Erlmayer de 250mL	Copos domésticos
Balões volumétricos de 500 e 1000 mL	Garrafas plásticas de 500 e 1000mL
Pipeta de 10 mL	Seringas de 5, 10 e 20 mL
Balões volumétricos de 50mL	Cuvettes de 4 mL adaptados a partir de tubo de colecta de sangue e hospitais
Agitador automático (electrónico)	Agitação manual
Funil	Funil
Papel de filtro (filtro whatman nº 42)	Papel de filtro para o processo de extracção nº 42
Vidro de relógio	Recipiente plástico (apêndice 1)
Proveta de 1 litro	Proveta improvisada a partir de garrafa plástica
Espectrofotómetro UV-VIS Modelo: 3100 JP SELECTA	Estúdio fotográfico associado ao software Gimp instalado em computador de sistema Windows.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação da potência de luz a ser usada para que se obtenha imagens de melhor qualidade possível ao logo do processo fotográfico

De lembrar que a qualidade de imagem que se refere neste caso está baseada no facto de o assento das amostras ser de cor branca sendo o seu RGB de 255, assim os resultados válidos para o estudo são os mais próximos a este valor.

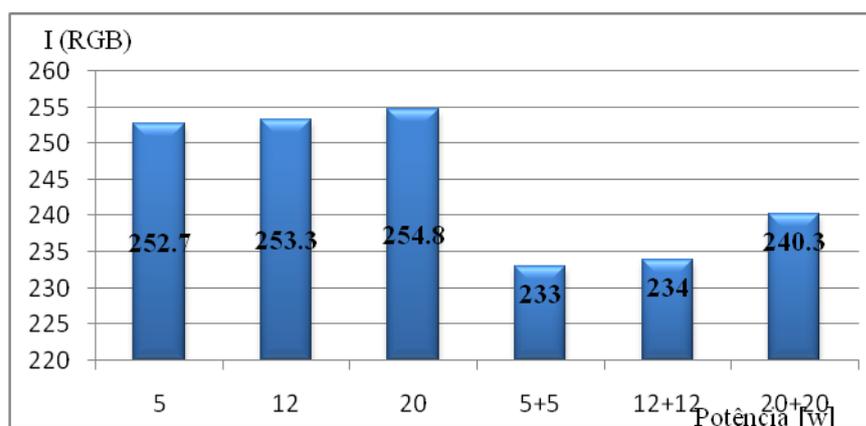


Gráfico 1: Resultados correspondentes a avaliação da potência de luz

Os resultados obtidos nesta etapa não estão em concordância com a disposição da fonte de luz proposta por MENDES *et al.*, (2013) em sua pesquisa onde aplicou-se um par de lâmpadas com potência de 5 W. A presente pesquisa revela que uma lâmpada colocada por baixo do cuvette oferece melhores resultados que as duas lâmpadas posicionadas uma do lado esquerdo e outra do lado direito do cuvette.

Isto pode ser justificado pelo alto nível de perda da radiação luminosa que acontece quando a fonte de luz não está por baixo da amostra; a luz não é aproveitada na sua totalidade, perdendo-se pelas laterais do cuvette. Em contra partida quando a lâmpada está por baixo do cuvette, os raios luminosos fazem uma trajetória com tendência recta da lâmpada atravessando a amostra até chegar a câmara, perdendo-se muito menos luz comparado com o outro caso, (**Apêndice 13**).

Nesta etapa discute-se mais o posicionamento da fonte de luz, pelo facto de não se conhecer as dimensões do estúdio de MENDES *et al.*, (2013) e pelo facto de os estúdios em causa serem versões completamente diferentes pois o de MENDES *et al.*, (2013) é oco mas o construído para a presente pesquisa possui peças exclusivas (**Figuras: 6 e 7**).

4.2. Identificação do dispositivo que pode fornecer resultados de absorvância que melhor se correlacionam com as concentrações de fósforo, (Câmera digital / Câmera de telemóvel);

De como já foi referido anteriormente, para o alcance deste objectivo a pesquisa foi dividida em duas fases, a **fase I**- usando tinta de carimbo azul e a **fase II** usando os reagentes indicados para a preparação da serie padrão.

4.2.1. Fase I

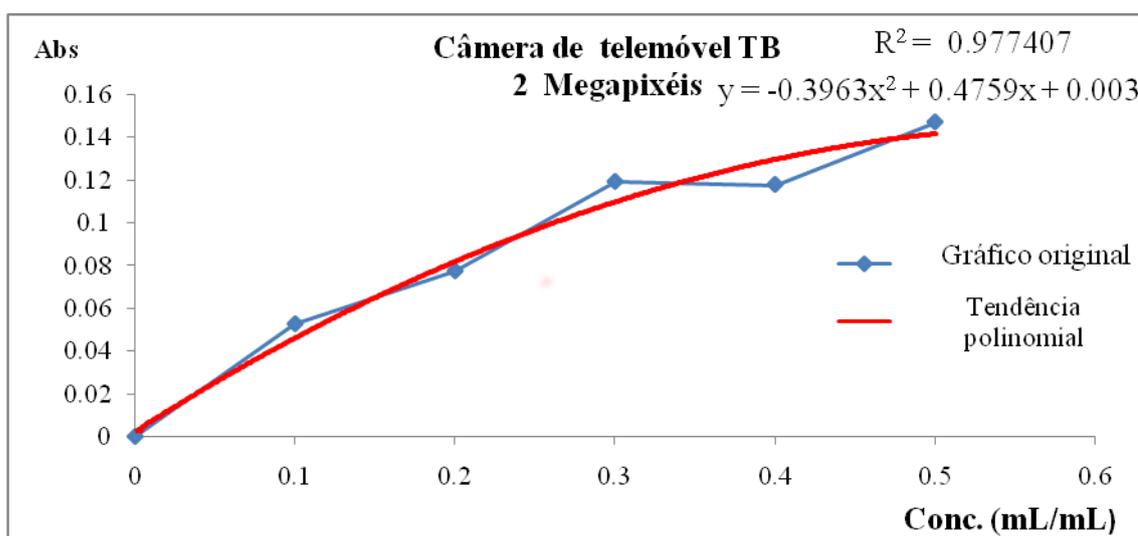


Gráfico 2: Calibração oferecida pela Câmera de telemóvel TB de 2 megapixéis na fase I

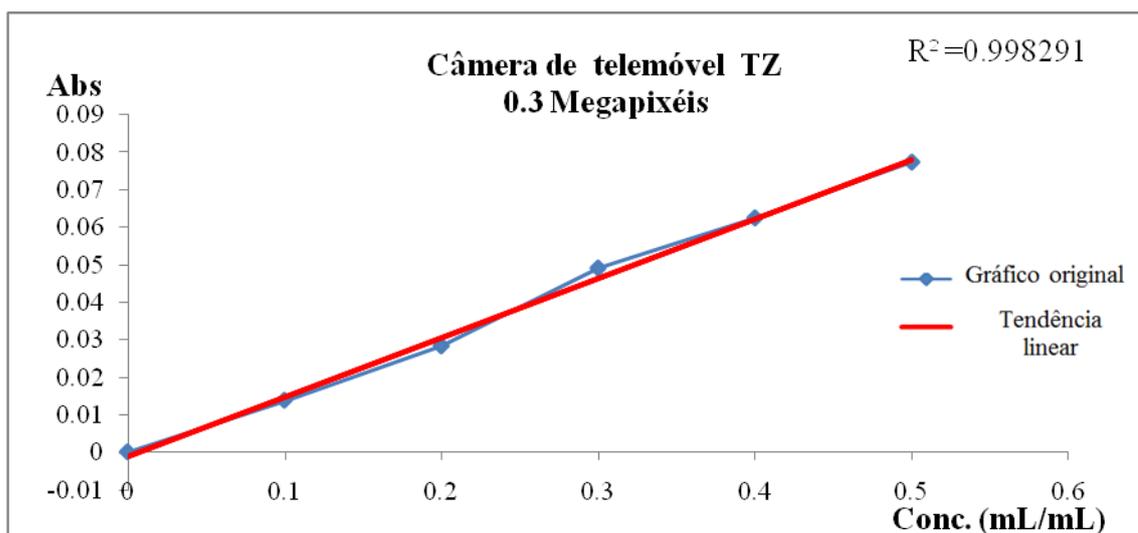


Gráfico 3: Calibração oferecida pela câmera do telemóvel TZ de 0.3 megapixéis na fase I

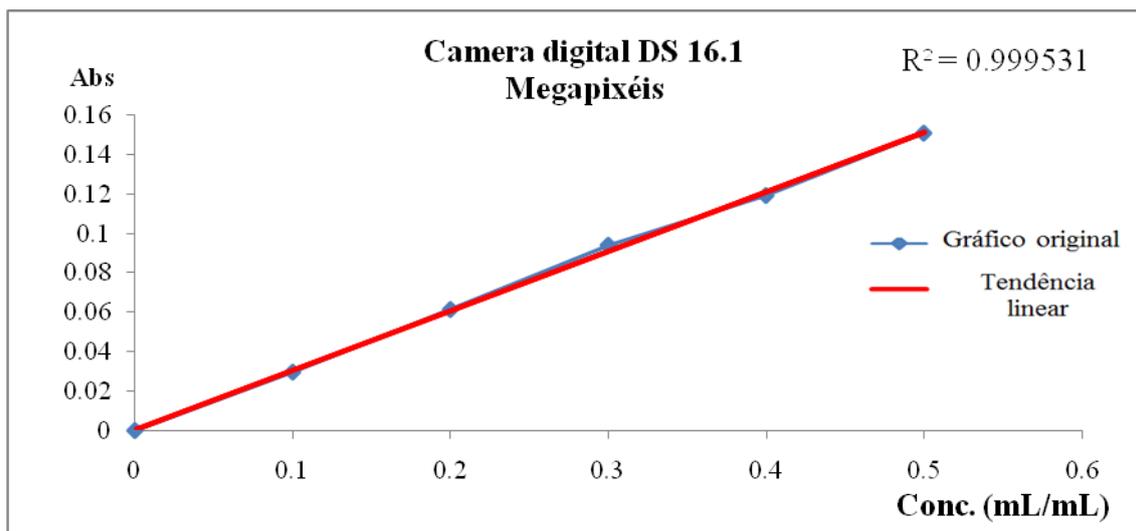


Gráfico 4: Calibração oferecida pela Câmera digital DS de 16.1 megapixéis na fase I

Os resultados oferecidos pela Câmera de telemóvel TB de 2 Megapixéis não estão em concordância com a lei de Beer-Lambert citada por SKOOG & LEARY (1992) onde se estabelece que a absorbância é directamente proporcional á concentração do anólito na solução.

Esta câmara ofereceu uma curva polinomial com um R^2 muito baixo comparado com as outras duas câmeras, que obedeceram melhor a lei de Beer-Lambert. Pressupõe-se que os resultados oferecidos pela Câmera de telemóvel TB de 2 Megapixéis seja devido ao facto deste telemóvel fazer ajustes automáticos da luminosidade para a fotografia acoplado ao facto de o pesquisador ter tido dificuldades em manipular a câmara de modo a não ajustar automaticamente a luminosidade.

Para a **fase II** foram seleccionadas as câmeras de telemóvel TZ de 0.3 Megapixéis e digital DS de 16.1 Megapixéis, deixando-se de fora a câmara de telemóvel TZ de 2 Megapixéis.

4.2.2. Fase II

Nesta fase foram acrescentadas as absorbâncias obtidas através do espectrofotômetro de absorção molecular UV a 660 nm de comprimento de onda:

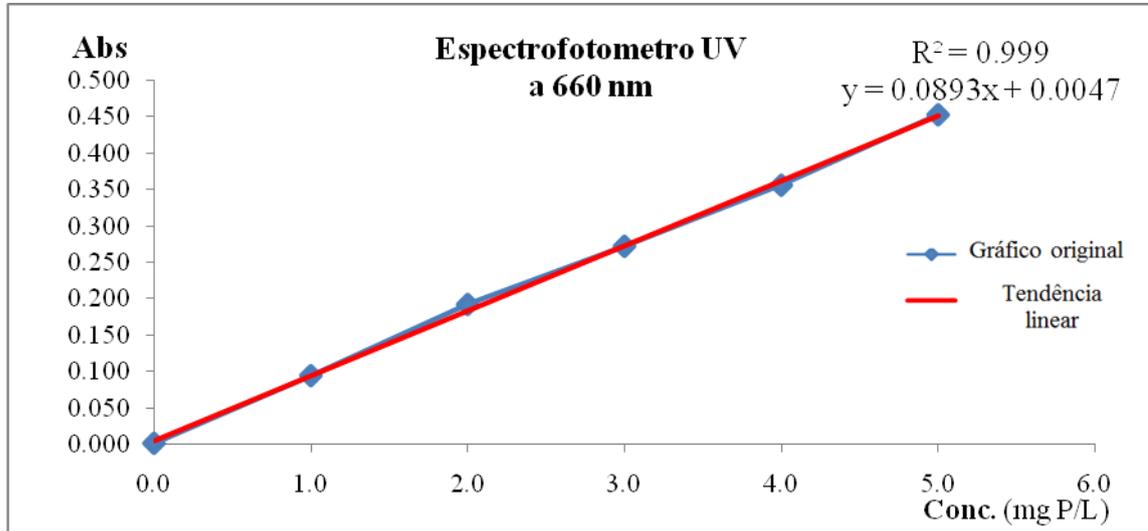


Gráfico 5: Calibração oferecida pelo espectrofotômetro na fase II

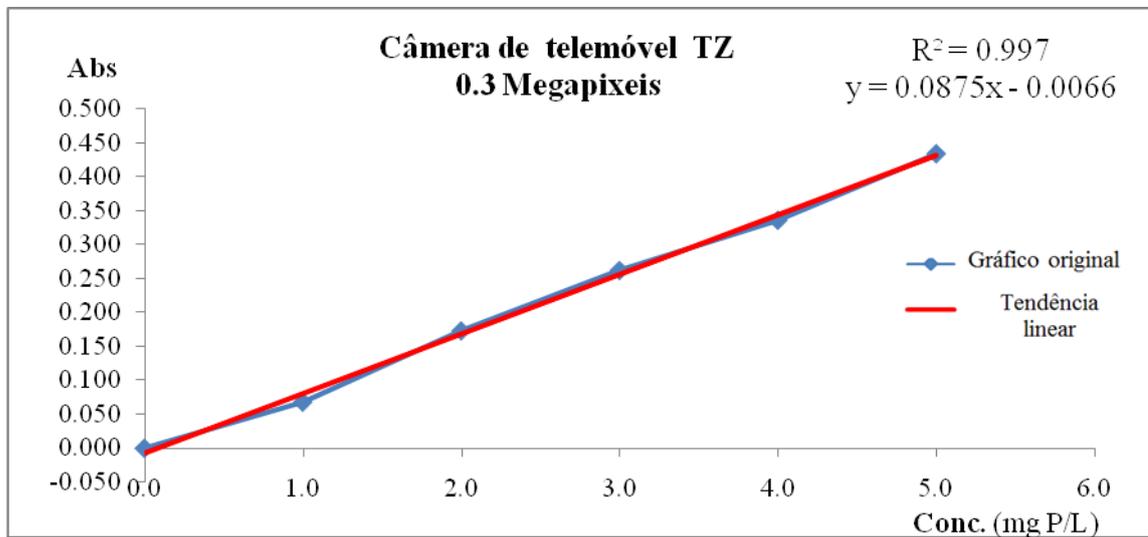


Gráfico 6: Calibração oferecida pela Câmera de telemóvel 0.3 megapixéis na fase II

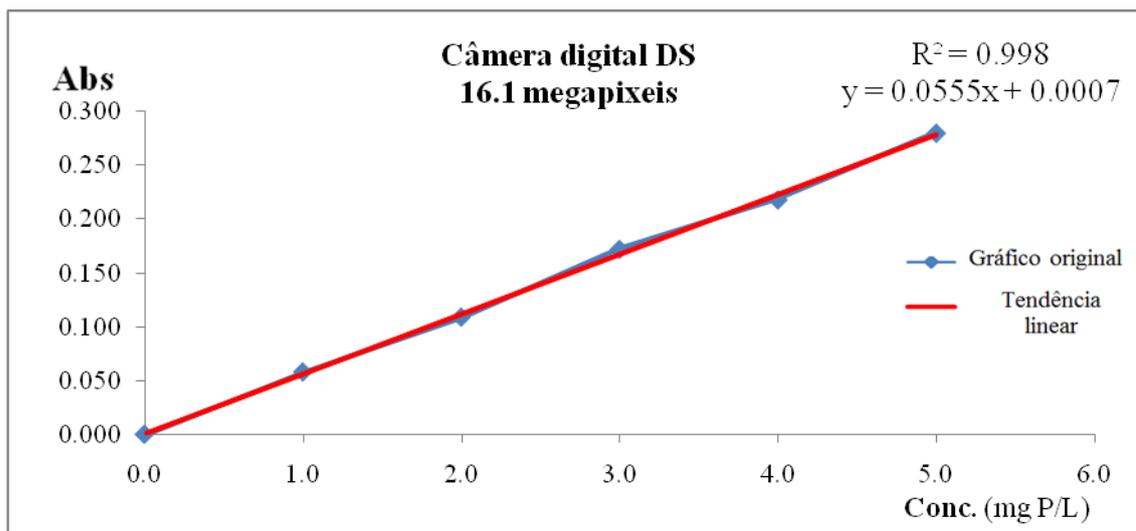


Gráfico 7: Calibração oferecida pela câmera digital DS de 16.1 megapixéis na fase II

Os gráficos oferecidos pelas câmeras ao longo da segunda fase mostram concordância com o estabelecido por Beer-Lambert em sua lei, que foi citada por SKOOG & LEARY (1992). Pois é visualmente possível perceber a linearidade que os três gráficos apresentam, para além de os R^2 estarem muito próximos de 1, sendo estes 0.999, 0.997 e 0.998 para espectrofotômetro, câmera de telemóvel TZ de 0.3 megapixéis e câmera digital DS de 16.1 megapixéis respectivamente.

4.3. Determinação de fósforo em amostras de fertilizantes através do método de imagem digital e comparação com os resultados do espectrofotômetro

Tabela 4: Resultados da determinação de fósforo

Amostras	Concentrações médias de P [%]		
	Espectrofotômetro UV a 660nm	Câmera digital DS de 16.1 megapixéis	Câmera de Telemóvel TZ 0.3 megapixéis
Ureia	-0.024	0.107	0.092
Superfosfato duplo	27.615	23.776	17.131
12-24-12	42.626	44.792	35.628

Na presente tabela de resultados usou-se o espectrofotômetro como testemunho por ser o instrumento universalmente usado devido a sua precisão. Por análise comparativa dos dados é possível constatar que:

- Na amostra de ureia as duas câmeras apresentaram resultados ligeiramente próximos ao valor de percentagem média de fósforo apresentado pelo espectrofotômetro, pois tanto os resultados das câmeras como o espectrofotométrico tendem a 0% de P. Estes valores revelam que para o caso de ureia que é um fertilizante de baixa concentração de fósforo, as duas câmeras apresentam-se aprovadas. Os resultados obtidos estão em concordância com a ANDA- Associação Nacional para Difusão de Adubos (1998) que referencia que Ureia é um fertilizante nitrogenado, não possuindo em sua constituição o fósforo.
- Na amostra do fertilizante Superfosfato duplo, a câmera digital DS de 16.1 megapixéis saiu-se melhor que a câmera de telemóvel TZ de 0.3 megapixéis pois ela ofereceu um valor bem mais aproximado ao valor espectrofotométrico que é o testemunho.
- EUROCONSULL (1989) concorda ligeiramente com os resultados espectrofotométricos e das duas Câmera ao referenciar que: A percentagem de P_2O_5 em Superfosfato duplo varia de 43 a 49 % sendo que a percentagem de P varia de 18.765 a 21.384%.
- JACOB A. & UEXKULL H. (1968), sustentam a afirmação de EUROCONSULL (1989) ao referenciar que a percentagem de P_2O_5 em Superfosfato duplo varia de 45 a 50% quando se determina fósforo total em meio ácido e 43 a 49% quando se determina o fósforo disponível. Unificando os dois intervalos têm-se 43 a 50% de P_2O_5 . Em que a percentagem de P é estimada em 18.765 a 21.820%.
- ANDA (1998) não concorda com os resultados da presente pesquisa e com os dois autores que falam sobre o mesmo assunto ao afirmar que o Superfosfato duplo possui 28% de P_2O_5 em que a percentagem de P ronda os 12.225%.
- Na amostra de 12-24-12, a câmera digital DS de 16.1 megapixéis voltou a sair-se melhor que a câmera de telemóvel TZ de 0.3 megapixéis por apresentar resultados mais próximos aos espectrofotométricos. Os resultados obtidos nesta amostra, distanciam-se do valor fornecido pelo fabricante, que considera que 12-24-12 tem 24% de P_2O_5 e conseqüentemente 10.47%.

Essa discordância na amostra de 12-24-12 perante a literatura, pode ser devida ao facto de:

1. O fertilizante em causa ser granulado, isso dificultou a colecta de uma amostra mais homogénea, em que para tal, antes de se fazer a pesagem devia-se palar as amostras buscando maior homogeneidade, o que não aconteceu;
2. Os fertilizantes terem sido abertos meses antes de se proceder a presente pesquisa, o tempo em que eles permaneceram abertos e expostos a condições adversas, pode ter influenciado negativamente na manutenção da qualidade dos mesmos;
3. A imprecisão no processo de pesagem, pois na amostra de 12-24-24 não se conseguiu boa precisão quanto nas outras amostras.

De salientar que somente há discrepância quando faz-se a comparação entre os resultados espectrofotométrico, das câmeras com os parâmetros, mas há que se ter em conta que o foco é comparar os valores espectrofotométricos com os das câmeras e nesse aspecto há concordância aceitável.

V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

No que diz respeito a potência de luz a ser usada para que se obtenha imagens de melhor qualidade possível, pôde-se concluir que quanto maior a potência de luz fornecida a partir da parte central do estúdio fotográfico melhor imagem se pode obter pois o RGB obtido é mais próximo ao RGB do branco referencial; onde para o presente trabalho a potência 20 W foi a que melhor resultado ofereceu por apresentar um RGB de 254.8 que de entre todos é o valor mais próximo do 255.

A disposição espacial da fonte de luz, mesmo não sendo um dos objectivos desta pesquisa revelou ser um factor preponderante para a captação de imagem de boa qualidade, pois foi possível constatar que o mais fiável é ter a fonte de luz por baixo do cuvette e não nas laterais como propõe Mendes *et al.*, (2013) em sua pesquisa.

Quanto a identificação da câmera que pode fornecer resultados de absorbância que melhor se correlacionam com as concentrações de fósforo, ao fim da primeira e segunda fase, pôde-se concluir que a câmera digital DS de 16.1 megapixéis é a mais fiável, seguindo da câmera de telemóvel TZ de 0.3 megapixéis e por último a câmera TB de 2 megapixéis respectivamente.

Uma outra conclusão que não pode ser deixada de fora mesmo não fazendo parte dos objectivos da presente pesquisa esta relacionada com a intensidade de cor, em que constatou-se que quanto mais intensas forem as cores das soluções, maior potência de luz é requerida, essa conclusão baseia-se no facto de que quando se trabalhou com a tinta de carimbo as cores das soluções eram mais intensas, necessitando assim de muita luz, por isso usou-se 20W de como foi concluído no primeiro objectivo. Essa proporcionalidade se clarificou quando se usava os reagentes da curva de calibração, em que a serie padrão apresentava cores menos intensas que as cores obtidas na fase I. A luz fornecida era tão intensa que a câmera não conseguia distinguir a diferença das cores de cada solução da serie padrão. Como solução a potência foi reduzida de 20W para 5W, somente assim foi possível a leitura da serie padrão com baixa intensidade de cor.

No que diz respeito a determinação de fósforo em amostras de fertilizantes através do método de imagem digital e comparação com os resultados do espectrofotómetro, conclui-se

que pelo facto de a câmara digital DS de 16.1 megapixéis em duas das três amostras ter apresentado valores mais próximos dos espectrofotométricos comparado com a câmara de telemóvel 0.3 megapixéis, ela é a mais fiável para a determinação de fósforo pelo método de imagem digital.

A câmara de telemóvel TZ de 0.3 megapixéis, seria uma segunda opção tendo em conta que ela é mais barata que a outra já mencionada. Para os agricultores de média e pequena escala, as duas câmaras são recomendáveis, pois trata-se de uma agricultura que não é de alta precisão, mas para estudos científicos é mais fiável o uso da câmara digital de 16.1 DS megapixéis.

É de se referir a escassez de informação a cerca do método proposto e o desconhecimento do mesmo método a nível dos laboratórios visitados pelo pesquisador, podem ser os factores por de trás de possíveis erros cometidos ao longo da pesquisa.

5.2. Recomendações e sugestões

Aos pesquisadores de tecnologias para a agricultura recomenda-se

- A replicação do presente estudo buscando a solidificação do método e eliminar os possíveis erros cometidos ao longo da pesquisa.
- A aplicação deste método para a determinação de outros nutrientes como o nitrogénio, potássio e ferro.
- A aplicação do mesmo método para a determinação de matéria orgânica.

Aos investigadores que queiram replicar a pesquisa, recomenda-se:

- A busca de mais informações sobre o funcionamento e características das câmeras digitais na expectativa de obter melhores justificativas sobre o comportamento de cada uma delas ao longo da pesquisa.
- Recomenda-se também a busca de melhores metodologias para o alcance do primeiro objectivo, pois a metodologia usada nesta pesquisa é demasiadamente laboriosa e teve que ser requalificada ao longo da pesquisa.
- Homogeneizar os fertilizantes granulados antes da extracção na expectativa de obter amostras mais representativas.

É sugere-se a substituição do tubo de colecta pelo tubo apresentando no **Apêndice 14**, que é um recipiente que armazena doces que podem ser encontrados em bancas de mercado principalmente na cidade de Maputo, isto porque o tubo que foi usado nesta pesquisa, é de difícil acesso.

Aos estudantes do curso de Licenciatura em Produção Agrícola recomenda-se:

- O uso do presente método para a determinação de fósforo no solo e a apresentação do relatório da pesquisa como trabalho de culminação do curso, dando assim o pontapé de saída no que diz respeito a aplicação do método proposto;

Aos serviços de extensão agrária recomenda-se:

- Buscar mecanismos para a aplicação do método proposto no estudo químico-nutricional dos solos dos campos de produção dos agricultores da comunidade rural;

Aos agricultores recomenda-se:

- O uso do presente método para o estudo de seus campos de produção.

A ESUDER e todas instituições que se interessam por estudos do gênero recomenda-se:

- A disponibilização de fundos de pesquisa pois um dos maiores impasses ao longo da presente pesquisa foi a falta de suporte financeiro, pois pesquisas como estas são altamente dispendiosa.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos (1998). Os adubos e a eficiência das adubações. 3ª Edição. Editora: Gráfica Nagy Ltda. São Paulo
- CANAL FOTOGRAFIA. (2006) Os factores que afectam a qualidade da imagem digital. Brasil. Disponível em:http://www.canalfoto.org/info/ver_info/id/22/ [Acesso aos 3/01/2015].
- CHRISTIAN, G. D. (1994). Analytical Chemistry, Fifth Edition, Editor: Wiley & Sons, New York-USA
- EMBRAPA. (2009) Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes, 2ª edição. Editor: Fábio Cesar da Silva. Brasília
- EUROCONSULL. (1989). Agricultural compendium, for rural development in the tropic and subtopic. Third edition. Editor: Elsevier. Amsterdam. Pp535
- FELIPE, G. & MACHADO, M.C (2014) Determinação da fracção de Potássio em fertilizantes granulados utilizando imagens digitais. Disponível em: <http://www.s bq.org.br> [acesso aos 05/03/15]
- FOLEY, J. D, & HUGHES, J.F (1990) Computer graphics: principles and practice. 1ª Edição; Editor: Addison-Wesley, New York - USA
- GIRAFAMANIA. (2012). Luz e Flash. Brasil. Disponível em: <http://www.girafamania.com.br> [Acesso aos 3/01/2015].
- GONÇALVES, L. (1995). Métodos instrumentais para análise de soluções, Fundação Calouste Gulbenkian, 7ª edição. Didáctica editora. Lisboa. Portugal.
- HARRIS, D. C. (1999) Análise química quantitativa; tradução Carlos Alberto 5ª edição, Editora: S.A, LTC - Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro
- <http://www.Opensource.com> [Acesso aos 3/01/2015].
- <http://www.umsiko.co.za/links/rgb1.html> [Acesso aos 3/01/2015].

- JACOB A. & UEXKULL H. van (1968). Fertilizer use - nutrition and manuring of tropic crops. Third edition. Editor: Verlagsgesellschaft für Ackerbau mbH. Germany. Pp548
- JEFFERY, G.H.; BASSET, J.; MENDHAM, J.(1992) - Análise química quantitativa, 5ª edição. Editora Artmed, Rio de Janeiro.
- LARSEN, S. (1967) Soil phosphorus. Advances in Agronomy, New York, v.19, p.151-210
- MARSCHNER, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd edition. Editor: Artmed, Academic Press. London
- MENDES, D.R. & FILHO P., (2013) Uso da captura de imagem para quantificação de fósforo em amostras de solos Disponível em: www.abq.org.br/cbq/2014/trabalhos/4/4489-18345 [acesso aos 05/03/15]
- OLSEN, S.R.; COLE C.V.; WATANABE F.S.; & DEAN, L.A (1954) Estimation phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. 1st edition. USA
- RAMOS, S & PINTO, L. (2007); Manual do Gimp, 3ª edição; editor: Alves. Brasil
- SILVERSTEIN, R. M; BASSLER, G. C.& MORRILL, T. C.(1994). Identificação espectrométrica de compostos orgânicos 5ª edição. Editora: Guanabara Koogan. Rio de Janeiro
- SKOOG, D. A. & LEARY J. J. (1992). Principles of Instrumental Analysis, fourth edition Editor: Thomson, Bookman. USA
- SOUTO, R. P. (2000). Segmentação de imagem multiespectral utilizando-se o atributo matiz. São José dos Campos: INPE. Disponível em: www.obt.inpe.br/pgsere/Souto-R-P-2000/publicacao.pdf. [Acesso aos 3/01/2015].
- SOUZA, D. M. de. & MORAIS, P. A. O. (2014) Imagens em análises quantitativas. Estudo de caso: determinação de matéria orgânica em solução por imagens obtidas por smartphone. Disponível em: www.embrapa.br [acesso aos 05/03/15]
- TAIZ, L. & ZEIGER, E; (2004). Fisiologia Vegetal. 3ª Edição. Editora Artmed. Porto Alegre

APÊNDICES

E

ANEXOS

Apêndices

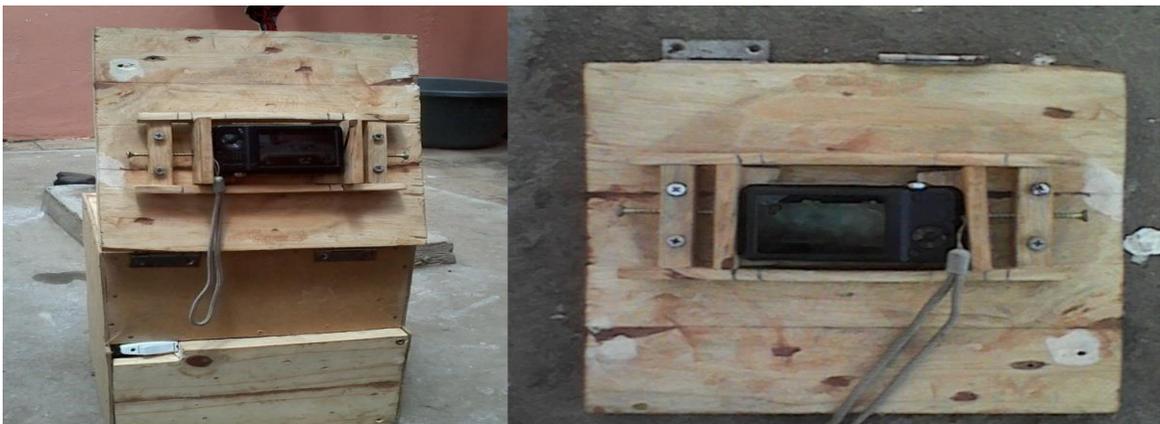
Apêndice 1: Vidro de relógio adaptado



Apêndice 2: Componente eléctrica do estúdio



Apêndice 3: Tampa do estúdio e mecanismo de fixação da câmera



Apêndice 4: Configuração e aspecto externo do equipamento



Apêndice 5: Dados da avaliação da Potência de Luz a ser usada (primeiro objectivo)

	Potência de luz fornecida [W]			Branco Padrão
	5+5	12+12	20+20	
Repetições	Intimidades obtidas no RGB			255
I	233	234	240.3	
II	233	234	240.3	
III	233	234	240.3	
IV	233	234	240.3	
V	233	234	240.3	
Média	233	234	240.3	
d. Padrão	0	0	0	

Apêndice 6: Dados das 5 Replicas do Cálculo de absorvância usado as três Câmeras

Replica: 1	Câmeras usadas para obter as imagens					
Concentrações [$\frac{\text{gota de tinta}}{\text{litros de agua}}$]	Telemóvel TB 2 Mpix		Telemóvel TZ 0.3 Mpix		C. digital DS 16.1 Mpix	
	I	Abs	I	Abs	I	Abs
0.0	136.5	0,0000	225,3	0,0000	154,9	0,0000
1 gota/10 L	122.6	0,0466	217	0,0163	148,2	0,0192
1 gota/5L	115	0,0744	210,4	0,0297	130	0,0761
1 gota/3.33L	104.7	0,1152	200,2	0,0513	117,4	0,1204
1 gota/ 2.5 L	105.5	0,1119	197,2	0,0579	109,8	0,1494
1 gota / 2L	99	0,1395	188,3	0,0779	102,1	0,1810

Replica: 2	Câmeras usadas para obter as imagens					
Concentrações [$\frac{\text{gota de tinta}}{\text{litros de agua}}$]	Telemóvel TB 2 Mpix		Telemóvel TZ 0.3 Mpix		C. digital DS 16.1 Mpix	
	I	Abs	I	Abs	I	Abs
0.0	137	0,0000	224,9	0,0000	144,8	0,0000
1 gota/10 L	120	0,0575	218,8	0,0119	136,5	0,0256
1 gota/5L	115.9	0,0726	212,8	0,0240	127,4	0,0556
1 gota/3.33L	104.8	0,1164	200,5	0,0499	124,2	0,0666
1 gota/ 2.5 L	103.8	0,1205	196,2	0,0593	115,1	0,0997
1 gota / 2L	98.1	0,1451	188,3	0,0771	107,4	0,1298

Replica: 3	Câmeras usadas para obter as imagens					
Concentrações [$\frac{\text{gota de tinta}}{\text{litros de agua}}$]	Telemóvel TB 2 Mpix		Telemóvel TZ 0.3 Mpix		C. digital DS 16.1 Mpix	
	I	Abs	I	Abs	I	Abs
0.0	139.7	0,0000	224,2	0,0000	148,4	0,0000
1 gota/10 L	122.7	0,0564	218,5	0,0112	135,1	0,0408
1 gota/5L	115.5	0,0826	211	0,0264	125,2	0,0738
1 gota/3.33L	106.7	0,1170	199	0,0518	119,5	0,0941
1 gota/ 2.5 L	107.3	0,1146	195,7	0,0590	115,6	0,1085
1 gota / 2L	95.2	0,1666	187,2	0,0783	110,4	0,1285

Replica: 4	Câmeras usadas para obter as imagens					
Concentrações [$\frac{\text{gota de tinta}}{\text{litros de água}}$]	Telemóvel TB 2 Mpix		Telemóvel TZ 0.3 Mpix		C. digital DS 16.1 Mpix	
	I	Abs	I	Abs	I	Abs
0.0	136,2	0,0000	228,7	0,0000	145,7	0,0000
1 gota/10 L	121,5	0,0496	220,7	0,0155	139	0,0204
1 gota/5L	114,1	0,0769	213,2	0,0305	132,9	0,0399
1 gota/3.33L	101,3	0,1286	205	0,0475	120,9	0,0810
1 gota/ 2.5 L	104,4	0,1155	191	0,0782	113	0,1104
1 gota / 2L	100,8	0,1307	187	0,0874	103,4	0,1489

Replica: 5	Câmeras usadas para obter as imagens					
Concentrações [$\frac{\text{gota de tinta}}{\text{litros de água}}$]	Telemóvel 2 Mpix		Telemóvel 0.3 Mpix		C. digital 16.1 Mpix	
	I	Abs	I	Abs	I	Abs
0.0	138	0,0000	225,6	0,0000	155,7	0,0000
1 gota/10 L	122	0,0535	218,5	0,0139	141,2	0,0425
1 gota/5L	114,7	0,0803	210,1	0,0309	134,9	0,0623
1 gota/3.33L	105	0,1187	203,5	0,0448	121,2	0,1088
1 gota/ 2.5 L	103,1	0,1266	197,3	0,0582	115,7	0,1290
1 gota / 2L	97	0,1531	193,7	0,0662	105,9	0,1674

Apêndice 7: Absorbância obtidas através das três câmeras usadas ao longo da fase I

Conc. [$\frac{\text{gota de tinta}}{\text{litros de água}}$]	Absorbância obtidas através da câmera de telemóvel TB de 2 megapixéis							
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 5	\bar{x}	S	$\bar{x} \pm s$
0.0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000 \pm 0.0000
1 gota/10 L	0,0466	0,0575	0,0564	0,0496	0,0535	0,0527	0,0046	0,0527 \pm 0,0046
1 gota/5L	0,0744	0,0726	0,0826	0,0769	0,0803	0,0774	0,0041	0,0774 \pm 0,0041
1 gota/3.33L	0,1152	0,1164	0,1170	0,1286	0,1187	0,1192	0,0054	0,1192 \pm 0,0054
1 gota/ 2.5 L	0,1119	0,1205	0,1146	0,1155	0,1266	0,1178	0,0058	0,1178 \pm 0,0058
1 gota / 2L	0,1395	0,1451	0,1666	0,1307	0,1531	0,1470	0,0137	0,1470 \pm 0,0137

Conc. [$\frac{\text{gota de tinta}}{\text{litros de água}}$]	Absorbância obtidas através da câmera telemóvel TZ de 0.3 megapixéis							
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 5	\bar{x}	S	$\bar{x} \pm s$
0.0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1 gota/10 L	0,0163	0,0119	0,0112	0,0155	0,0139	0,0138	0,0022	0,0138 \pm 0,0022
1 gota/5L	0,0297	0,0240	0,0264	0,0305	0,0309	0,0283	0,0030	0,0283 \pm 0,0030
1 gota/3.33L	0,0513	0,0499	0,0518	0,0475	0,0448	0,0491	0,0029	0,0491 \pm 0,0029
1 gota/ 2.5 L	0,0579	0,0593	0,0590	0,0782	0,0582	0,0625	0,0088	0,0625 \pm 0,0088
1 gota / 2L	0,0779	0,0771	0,0783	0,0874	0,0662	0,0774	0,0075	0,0774 \pm 0,0075

Conc. [$\frac{\text{gota de tinta}}{\text{litros de água}}$]	Absorbância obtidas através da câmera digital DS 16.1 megapixéis							
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 5	\bar{x}	S	$\bar{x} \pm s$
0.0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1 gota/10 L	0,0192	0,0256	0,0408	0,0204	0,0425	0,0297	0,0112	0,0297 \pm 0,0112
1 gota/5L	0,0761	0,0556	0,0738	0,0399	0,0623	0,0615	0,0147	0,0615 \pm 0,0147
1 gota/3.33L	0,1204	0,0666	0,0941	0,0810	0,1088	0,0942	0,0214	0,0942 \pm 0,0214
1 gota/ 2.5 L	0,1494	0,0997	0,1085	0,1104	0,1290	0,1194	0,0199	0,1194 \pm 0,0199
1 gota / 2L	0,1810	0,1298	0,1285	0,1489	0,1674	0,1511	0,0231	0,1511 \pm 0,0231

Apêndice 8: Absorbâncias Obtidas através do espectrofotômetro e das Câmeras digital

16.1 Megapixéis e telemóvel 0.3 megapixéis ao Longo da Fase II

Concentrações (mg P/L)	Absorbância obtidas através do espectrofotômetro UV a 882nm					
	Replicas			\bar{x}	S	$\bar{x} \pm s$
	I	II	III			
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.0	0.094	0.092	0.096	0.0940	0.0020	0.0940±0.0020
2.0	0.192	0.192	0.189	0.1910	0.0017	0.1910±0.0017
3.0	0.272	0.269	0.270	0.2703	0.0015	0.2703±0.0015
4.0	0.356	0.356	0.356	0.3560	0.0000	0.3560±0.000
5.0	0.453	0.451	0.453	0.4523	0.0012	0.4523±0.0012

Concentrações (mg P/L)	Absorbância obtidas através da Câmera digital DS 16.1 megapixéis					
	Replicas			\bar{x}	S	$\bar{x} \pm S$
	I	II	III			
0.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.0	0.051	0.060	0.062	0.0577	0.0059	0.0577±0.0059
2.0	0.094	0.121	0.111	0.1087	0.0137	0.1087±0.0137
3.0	0.174	0.171	0.172	0.1723	0.0015	0.1723±0.0015
4.0	0.213	0.215	0.227	0.2183	0.0076	0.2183±0.0076
5.0	0.282	0.273	0.284	0.2797	0.0059	0.2797±0.0059

Concentrações (mg P/L)	Absorbância obtidas através do telemóvel 0.3 megapixéis					
	Replicas			\bar{x}	S	$\bar{x} \pm S$
	I	II	III			
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.068	0.066	0.069	0.0677	0.0015	0.0677±0.0015
2.0	0.173	0.174	0.173	0.1733	0.0006	0.1733±0.0006
3.0	0.252	0.299	0.236	0.2623	0.0327	0.2623±0.0327
4.0	0.323	0.363	0.322	0.3360	0.0234	0.3360±0.0234
5.0	0.428	0.488	0.386	0.4340	0.0513	0.4340±0.0513

Apêndice 9: Quantificação de P em amostras de fertilizantes através do Espectrofotômetro

Espectrofotômetro		
Amostras	Abs	Conc. (mg P/L)
Ureia 1	0.002	-0.030
Ureia 2	0.004	-0.008
S Fosfato duplo 1	0.109	1.168
S Fosfato duplo 2	0.106	1.134
(12-24-12) – 1	0.205	2.243
(12-24-12) – 2	0.209	2.288

Apêndice 10: Quantificação de fósforo em amostras de fertilizantes através da Câmera DS 16.1 Megapixéis

Câmera DS 16.1 Megapixéis				
AMOSTRAS	I₀ (RBG)	I (RBG)	Abs	Conc. (mg P/L)
Ureia 1	189	186.5	0.006	0.092
Ureia 2	189	186.8	0.005	0.079
S Fosfato duplo 1	189	166.7	0.055	0.970
S Fosfato duplo 2	189	165.8	0.057	1.012
(12-24-12) – 1	189	139.3	0.133	2.375
(12-24-12) – 2	189	141	0.127	2.280

Apêndice 11: Quantificação de P em amostras de fertilizantes através da Câmera TZ 0.3 Megapixéis

Câmera TZ 0.3 Megapixéis				
AMOSTRAS	I₀ (RBG)	I (RBG)	Abs	Conc (mg P/L)
Ureia 1	239.6	239.4	0.0004	0.080
Ureia 2	239.6	240	-0.0007	0.067
S Fosfato duplo 1	239.6	211.3	0.0546	0.699
S Fosfato duplo 2	239.6	210.1	0.0571	0.728
(12-24-12) – 1	239.6	164.3	0.1638	1.948
(12-24-12) – 2	239.6	167.9	0.1544	1.840

Apêndice 12: Cálculos da Determinação de fósforo em extractos de fertilizantes através dos métodos de imagem digital e espectrofotométrico e comparação dos resultados obtidos:

Amostra de 12-24-14

$$\begin{aligned} \text{Peso da amostra} = 1.329 \text{ g} &\leftrightarrow 1.329\text{g} \text{ ---- } 250 \text{ mL} \\ &X \text{ -----} 1000 \text{ mL} \\ X &= 5.316 \text{ g fert./ L} \end{aligned}$$

Diluições feitas: 1:20 e 1:50 = *1000

Espectrofotómetro

$$1^\circ \text{ passo: Conc. em mg P/L : } (R1+R2) / 2 = \frac{2.243 \text{ mg P/L} + 2.288 \text{ mg P/L}}{2} = 2.266 \text{ mg P/L}$$

$$2^\circ \text{ passo: } 2.266 \text{ mg P/L} * 1000 = 2266 \text{ mg P/L} = 2.266 \text{ g P/L}$$

$$3^\circ \text{ passo: } \% P = \frac{2.266 \text{ g P/L}}{5.316 \text{ g fert./L}} * 100\% = 42.626 \%$$

Câmara DS de 16.1 megapixéis

$$1^\circ \text{ Passo: Conc. em mg P/L : } (R1+R2) / 2 = \frac{2.375 \text{ mg P/L} + 2.280 \text{ mg P/L}}{2} = 2.328 \text{ mg P/L}$$

$$2^\circ \text{ passo: } 2.328 \text{ mg P/L} * 1000 = 2328 \text{ mg P/L} = 2.328 \text{ g P/L}$$

$$3^\circ \text{ passo: } \% P = \frac{2.328 \text{ g P/L}}{5.316 \text{ g fert./L}} * 100\% = 43.792 \%$$

Câmara TZ 0.3 megapixéis

$$1^\circ \text{ passo: Conc. em mg P/L : } (R1+R2) / 2 = \frac{1.948 \text{ mg P/L} + 21.840 \text{ mg P/L}}{2} = 1.894 \text{ mg P/L}$$

$$2^\circ \text{ passo: } 1.894 \text{ mg P/L} * 1000 = 1894 \text{ mg P/L} = 1.894 \text{ g P/L}$$

$$3^\circ \text{ passo: } \% P = \frac{1.894 \text{ g P/L}}{5.316 \text{ g fert./L}} * 100\% = 35.628 \%$$

Superfosfato duplo

Peso da amostra = 1.042 g ↔ 1.042g ---- 250 mL
X -----1000 mL
X= 4.168 g fert./ L

Diluições feitas: 1:20 e 1:50 = *1000

Espectrofotômetro

$$1^{\circ} \text{ passo: Conc. em mg P/L : } (R1+R2)/2 = \frac{1.168 \text{ mg P/L} + 1.134 \text{ mg P/L}}{2} = 1.151 \text{ mg P/L}$$

$$2^{\circ} \text{ passo: } 1.151 \text{ mg P/L} * 1000 = 1151 \text{ mg P/L} = 1.151 \text{ g P/L}$$

$$3^{\circ} \text{ passo: } \% P = \frac{1.151 \text{ g P/L}}{4.168 \text{ g fert./L}} * 100\% = 27.615 \%$$

Câmera DS de 16.1 megapixéis

$$1^{\circ} \text{ passo: Conc. em mg P/L : } (R1+R2)/2 = \frac{0.970 \text{ mg P/L} + 1.012 \text{ mg P/L}}{2} = 0.991 \text{ mg P/L}$$

$$2^{\circ} \text{ passo: } 0.991 \text{ mg P/L} * 1000 = 991 \text{ mg P/L} = 0.991 \text{ g P/L}$$

$$3^{\circ} \text{ passo: } \% P = \frac{0.991 \text{ g P/L}}{4.168 \text{ g fert./L}} * 100\% = 23.776 \%$$

Câmera TZ 0.3 megapixéis

$$1^{\circ} \text{ passo: Conc. em mg P/L : } (R1+R2)/2 = \frac{0.699 \text{ mg P/L} + 0.728 \text{ mg P/L}}{2} = 0.714 \text{ mg P/L}$$

$$2^{\circ} \text{ passo: } 0.714 \text{ mg P/L} * 1000 = 714 \text{ mg P/L} = 0.714 \text{ g P/L}$$

$$3^{\circ} \text{ passo: } \% P = \frac{0.714 \text{ g P/L}}{4.168 \text{ g fert./L}} * 100\% = 17.131 \%$$

Ureia

Espectrofotômetro

Peso da amostra = 1. g ↔ 1.0g ---- 250 mL

X -----1000 mL

X= 4.0 g fert./ L

Diluições feitas: 1:50 = *50

Espectrofotômetro

$$1^{\circ} \text{ passo: Conc. em mg P/L : } (R1+R2)/2 = \frac{-0.030 \text{ mg P/L} + (-0.008) \text{ mg P/L}}{2} = -0.019 \text{ mg P/L}$$

$$2^{\circ} \text{ passo: } -0.019 \text{ mg P/L} * 50 = -0.95 \text{ mg P/L} = -0.00095 \text{ g P/L}$$

$$3^{\circ} \text{ passo: } \% P = \frac{-0.00095 \text{ g P/L}}{4.0 \text{ g fert./L}} * 100\% = -0.0238 \%$$

Câmera DS de 16.1 megapixéis

$$1^{\circ} \text{ passo: Conc. em mg P/L : } (R1+R2)/2 = \frac{0.092 \text{ mg P/L} + 0.079 \text{ mg P/L}}{2} = 0.0855 \text{ mg P/L}$$

$$2^{\circ} \text{ passo: } 0.0855 \text{ mg P/L} * 50 = 4.275 \text{ mg P/L} = 0.004275 \text{ g P/L}$$

$$3^{\circ} \text{ passo: } \% P = \frac{0.004275 \text{ g P/L}}{4.0 \text{ g fert./L}} * 100\% = 0.107 \%$$

Câmera TZ 0.3 megapixéis

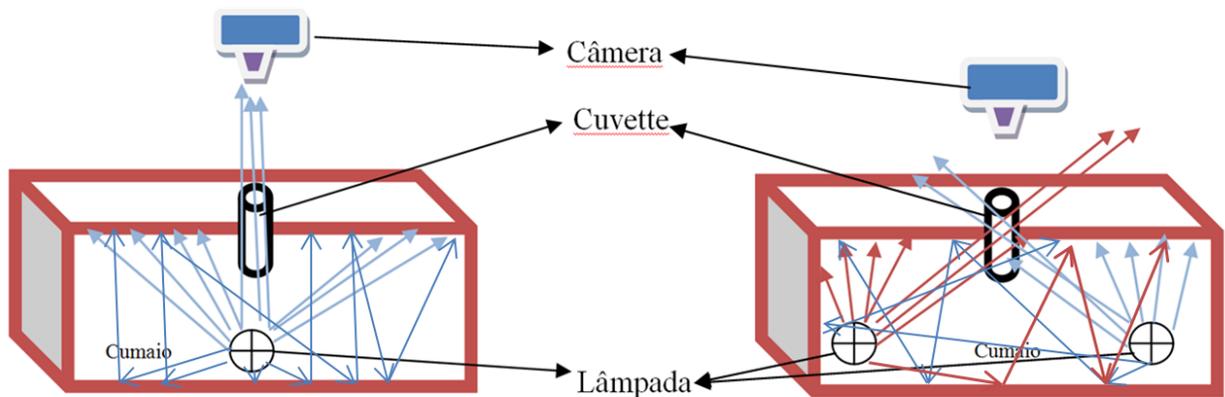
$$1^{\circ} \text{ passo: Conc. em mg P/L : } (R1+R2)/2 = \frac{0.080 \text{ mg P/L} + 0.067 \text{ mg P/L}}{2} = 0.0735 \text{ mg P/L}$$

$$2^{\circ} \text{ passo: } 0.0735 \text{ mg P/L} * 50 = 3.675 \text{ mg P/L} = 0.003675 \text{ g P/L}$$

$$3^{\circ} \text{ passo: } \% P = \frac{0.003675 \text{ g P/L}}{4.0 \text{ g fert./L}} * 100\% = 0.092 \%$$

Amostras	Concentrações P (%)		
	Replicas 1	Replicas2	Media
Espectrofotômetro UV a 660nm			
Ureia	-0.038	-0.01	-0.024
Super Fosfato duplo	28.023	27.207	27.615
N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (12-24-12)	42.193	43.039	42.616
Câmera DS de 16.1 megapixéis			
Ureia	0.115	0.099	0.107
Super Fosfato duplo	23.273	24.280	23.777
N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (12-24-12)	46.676	42.889	44.783
Câmera TZ 0.3 megapixéis			
Ureia	0.100	0.084	0.092
Super Fosfato duplo	16.771	18.666	17.719
N-P ₂ O ₅ -K ₂ O(12-24-12)	36.644	34.612	35.628

Apêndice 13: Comportamento dos raios luminosos perante o cuvette e a câmera.



Apêndice 14: Cuvette alternativo (tubo que armazena doces em banca de mercado)

Trata-se de um brinquedo infantil com o nome de **Little toy**. Em que de como mostram as imagens, apresenta-se na forma de uma miniatura de carro acoplada a um mini-tanque atrelado, dentro desse tanque estão contidos docinhos na forma de comprimidos de diversas cores. O mini-tanque deste brinquedo é o recipiente que pode servir de covette alternativo para o equipamento desenvolvido nesta pesquisa.



Apêndice 15: Imagem da embalagem da tinta de carimbo usada na pesquisa



Apêndice 16: Experiência de demonstração do funcionamento do método: Vilankulo, 29 de Abril de 2015

Experiência foi realizada no laboratório improvisado na casa do Dr. Peter Vine. Usou-se uma amostra de super fosfato simples de 8.3% de P.

Serie padrão

Solução “A” de 500 mg P/L

- Com ajuda da balança Pesou-se 2.20 g de dihidrogeno fosfato de potássio para garrafa plástica de 1L.
- Dissolveu-se com água destilada
- Adicionou-se cinco gotas de ácido sulfúrico concentrado
- Completou-se o volume para 1 L com água destilada

Solução “B”

- Com ajuda da seringa transferiu-se 5mL da solução “A” para balão volumétrico de 250 mL e completou-se o volume com água destilada.

Solução de molibdato de amonio 1% em acido sulfúrico

- Pesou-se 5.00 g de molibdato de amónio para garrafa plástica de 1L
- Adicionou-se 250 mL de água destilada medidos por uma proveta plástica
- Adicionou-se 62 mL de ácido sulfúrico concentrado medido por uma proveta plástica
- Acrescentou-se 188 mL de água destilada para completar 500 mL de solução
- Colocou-se em banho-maria pois trata-se de uma reacção exotérmica
- Filtrou-se a solução usando-se papel de filtro whatman nº 541

Mistura de coloração

- Pisou-se 2.87 g de ácido ascórbico e transferiu-se para uma garrafa plástica de 1L
- Pesou-se 0.07 g de tartarato dublo de antimónio e potássio e transferiu-se para a mesma garrafa;
- Adicionou-se 500 mL de água destilada medida por balão volumetrico, agitou-se para dissolver os reagentes
- Com ajuda da proveta adicionou-se 300 mL da solução de molibdato de amónio 1% em ácido sulfúrico
- Completou-se o volume para 1L

NB: Por motivos não apurados, a mistura de coloração já apresentava uma cor azulada antes mesmo de se misturar com o dihidrogeno fosfato de potássio. Suspeita-se de possível contaminação das garrafas usada, por isso recomenda-se uma lavagem minuciosa do material a usar antes de se realizar a experiência.

Soluções “C” e Coloração serie padrão

Para 6 balões volumétricos de 100 mL, usando-se uma seringa de 10mL pipetou-se 0.0 mL; 10 mL; 30 mL; e 50 mL da solução “B”.

- Adicionou-se com ajuda de uma seringa de 20mL a cada balão:
 - 30 mL de água destilada;
 - 15 mL da mistura de reagentes para a coloração. (procedimentos de preparação na alínea “C”)
 - Água destilada completando o volume de 100mL.

Obtendo assim uma serie padrão colorada nas concentrações:

0.0 mg.L⁻¹; 1 mg.L⁻¹; 3 mg.L⁻¹; e 5 mg.L⁻¹; respectivamente.

Esperou-se 30 minutos para que a serie desenvolvesse da cor azul antes de se fazer a leitura.

Extracção

- Transferiu-se uma quantidade inserta de superfeto simples para um copo de vidro doméstico e com ajuda de uma chave de fenda pilou-se os grãos de fertilizante de modo a homogeneizar a amostra.
- Pesou-se 1.00g da amostra já homogeneizada, e dissolveu-se em 250 mL de água destilada
- Agitou-se até que houve a dissolução completa dos grãos de fertilizante
- Filtrou-se a amostra usando-se papel de filtro whatman nº 541

Coloração da amostra

- Transferiu-se 1 mL do extracto para um copo doméstico usando-se siringa de 5mL
- Adicionou-se 30 mL de água destilada usando-se siringa de 10mL
- Adicionou-se 15 mL da mistura de coloração usando-se siringa de 10mL
- Completou-se o volume para 50 mL
- E esperou-se 30 minutos antes de se fazer as leituras.

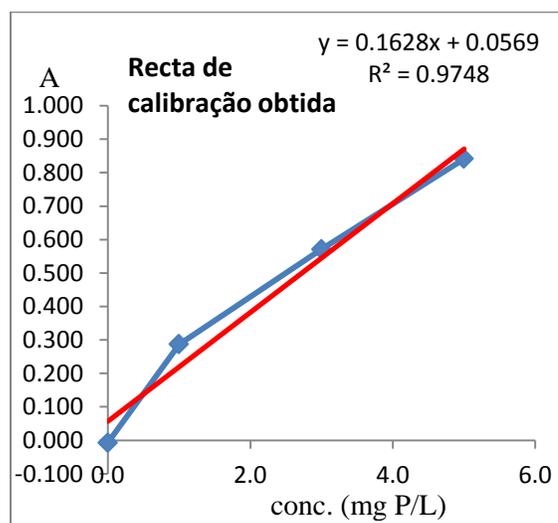
Por a amostra apresentar uma coloração mais intensa que a serie, fez-se uma diluição de 1:20 que consistiu em:

- Pipetar 1.00 mL da amostra do fertilizante usando-se siringa de 5mL colocar num copo e adicionar 19 mL de água destilada e agitar;
- Dessa solução diluída, pipetou-se 1 mL e fez-se novamente a coloração.

Depois que as soluções desenvolveram a coloração, elas foram transferidas para os cuvette (tubos de colecta), e iniciou-se o processo fotográfico.

Cada uma das soluções foi colocada no estúdio e tirou-se as fotografias usando-se a câmara digital DS de 16.1 megapixéis. As fotos foram enviadas para o “software” Gimp onde foram recortadas a uma dimensão de 150 mm x 150 mm, utilizando-se somente a parte central da fotografia. Depois do redimensionamento, foram lidas as intensidades apresentadas abaixo:

Conc. mg p/L	I ₀	I	Abs
0.0	180.6	183.6	-0.007
1.0	180.6	93.3	0.287
3.0	180.6	48.5	0.571
5.0	180.6	26	0.842
Amostra			
	180.6	126.8	0.154



Com ajuda da equação da recta $y=0.1628x+0.0569$ calculou-se a concentração em mgP/L da amostra de superfosfato simples, de onde obteve-se uma concentração de 0.594 mg/L de P_2O_5 . Com esse valor foi possível o cálculo da percentagem de P existente em superfosfato simples:

$$0.594 * 50 * 20 = 594 \text{ mg P/L}$$

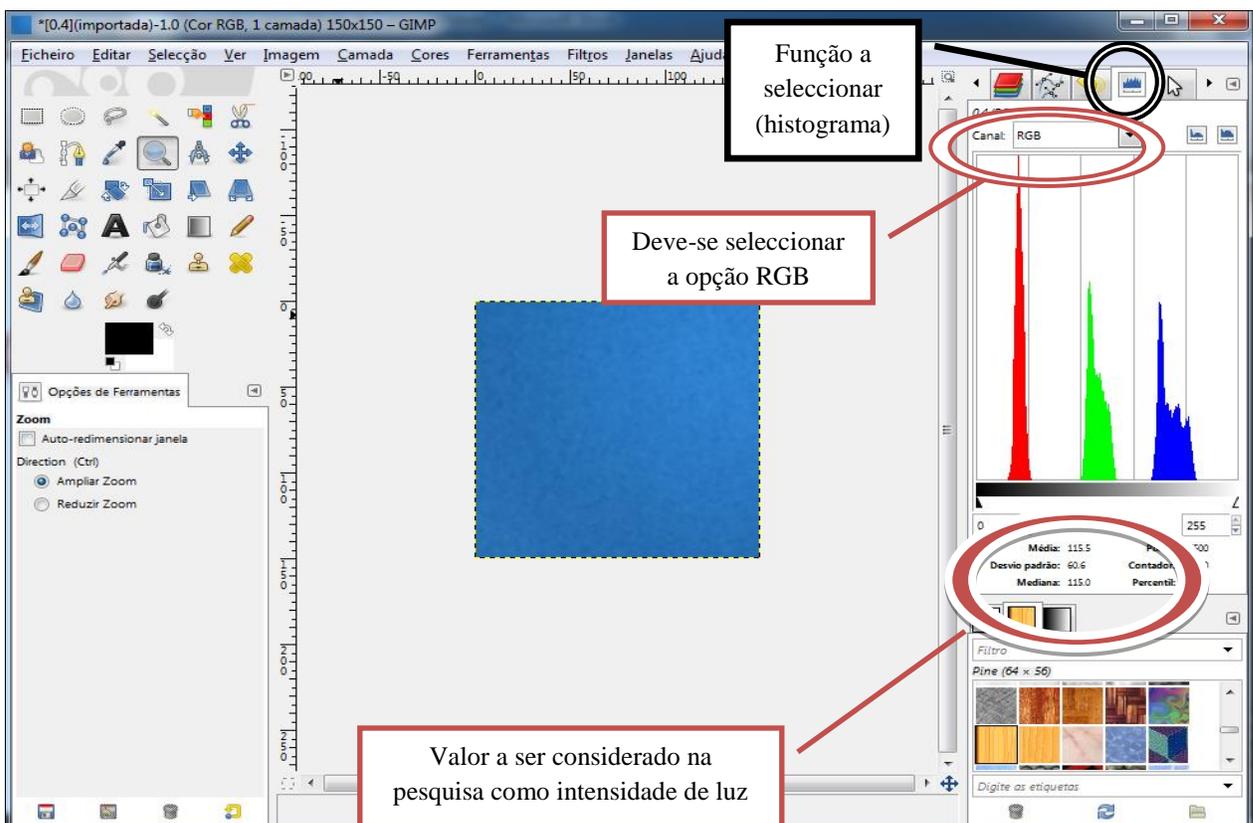
$$= 0.594 \text{ g P/L}$$

$$= 0.1485 \text{ g de P por 1 g de fert.}$$

$$= 14.85\% \text{ de P}$$

Esse resultado não é muito distante do valor esperado, pois superfosfato simples tem 8.3% de P. Assim provou-se a aplicabilidade do método mesmo fora do laboratório onde o projecto foi desenvolvido.

Apêndice 17: Indicações básicas para leitura de intensidades no Gimp



Apêndice 18: Imagem das soluções coloridas prontas para a leitura das intensidades





Autor & Supervisor



Imagens do dia da apresentação

Contactos do autor:

Correio electrónico: heliofcumaio@mail.com

Facebook: www.facebook.com/helio.cumaio