

Proposta Metodológica para Avaliação de Produtividade de Lavouras de soja Baseada em Visão Computacional e Aprendizagem de Máquina

Cleverson Dias Nunes¹, Luiz Fernando Braga Lopes²

Faculdade Cidade Verde (FCV)
Maringá – PR – Brasil

cleversoncvs@gmail.com

Resumo. Com o crescimento da população, a demanda por alimento se torna um desafio para lideranças, enquanto a produção agrícola vem sofrendo com o êxodo rural, a alternativa mais assertiva para este problema passa a ser junção da tecnologia e a agricultura. Neste contexto vamos abordar a utilização de um VARP (Veículo Aéreo Remotamente Pilotado) na cultura de soja, objetivando mensurar a produtividade através da visão computacional e aprendizagem de máquina. Esta inovação vem a ser a criação de uma metodologia, aplicando a tecnologia no campo, a fim de obter maior exatidão na mensuração da produtividade de soja.

Palavras-chave. Tecnologia, Agricultura de Precisão, Drone, Inovação, Tratamento de Imagens.

Abstract. With the population growth, the demand for food becomes a challenge for leaders, while the agricultural production has suffered from the rural exodus, the more assertive alternative to this problem the junction technology and agriculture. In this context we will address the use of a drone in soybean, aiming to measure productivity through computer vision and machine learning. This innovation has to be the creation of a methodology, applying the technology in the country in order to achieve greater accuracy in measuring the soybean yield.

Keywords. Technology, precision agriculture, Drone, Innovation, Image Treatment.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescente aumento populacional, lideranças mundiais passam a se preocupar com o crescimento desproporcional da população em relação à capacidade de sustentação, que afeta um fator primordial para a sobrevivência do ser humano, a

¹ Graduado em Administração – Faculdade Integrado de Campo Mourão (IES) – Desenvolvedor de uma Cooperativa Agroindustrial. E-mail: cleversoncvs@gmail.com

² Orientador: Doutor em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Coordenador de Pós Graduação. E-mail: prof_braga@fcv.edu.br

alimentação. Em 2011 cerca de 7 bilhões de pessoas habitavam o planeta, sendo que 842 milhões de pessoas, aproximadamente 1 em cada 8 sofreram fome crônica, segundo relatório da FAO (Organização das nações unidas para alimentação e agricultura) do ano de 2013. Este mesmo órgão afirma que no ano de 2050 o planeta terá 9 bilhões de habitantes, logo será um imenso desafio alimentar com qualidade esta crescente população mundial.

Em complemento a este levantamento, tem-se o reflexo do êxodo rural, que ainda afeta muitos países pelo mundo. Com esta grande concentração de pessoas saindo do campo e indo para a cidade, a procura por mão de obra na agricultura tem sido cada vez maior.

Com o aumento populacional e a diminuição da mão de obra no campo, a produção agrícola se torna uma preocupação mundial, podendo causar insegurança alimentar e principalmente a insegurança social, colocando em risco a paz mundial, posto traz se a alimentação de um assunto de primeira necessidade.

Ante este cenário, a agricultura de precisão esta sendo a resposta para o problema da produtividade. De acordo com SWINTON & LOWENBERG-DEBOER (1998), trata-se de uma nova maneira de gerenciar a produção com o auxílio de tecnologias e procedimentos que visam otimizar a lavoura. Contudo, mesmo com a utilização desta ciência, que busca auxiliar na produtividade, não se tem o calculo aproximado do real, das vantagens que a sua utilização traz para a produtividade. Logo temos um custo alto com a utilização da agricultura de precisão, porém o resultado é sempre uma média da produção, sendo que neste procedimento, em razão do alto custo, o investimento não pode ser aplicado com base apenas em médias. A resposta para a produtividade, de acordo com o investido, é o que busca-se na aplicação desta metodologia.

Este artigo é motivado pela necessidade de aumentar a capacidade de produção de alimentos com qualidade para suprir a necessidade mundial, através da utilização de tecnologias e da agricultura de precisão para superar este desafio. Com o auto investimento procura-se obter uma alta e compatível produtividade, como o investimento e feito por grids, a produtividade deve ser calculada da mesma maneira.

Em busca de resultados mais precisos, na metodologia proposta com esta pesquisa, definiu-se uma cultura específica a ser analisada. Como o país vem se destacando na produção de grãos, foi escolhida a soja, por ser o mais utilizado pelos produtores rurais.

O objetivo principal deste artigo é desenvolver uma metodologia que seja capaz de identificar a produtividade da soja em propriedades rurais, com utilização de tecnologias, a fim de retornar a produtividade da área analisada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A cultura da soja representa atualmente o principal ramo produtivo do agronegócio brasileiro, segundo SCHLESINGER (2010), o ciclo se expandiu a partir dos anos sessenta, quando a produção passou de 206 mil toneladas em 1960 para 1,056 milhão em 1969 e 51,4 milhões de toneladas em 2003, correspondentes a 26% da produção mundial de soja e a 41% da produção brasileira de grãos, ocupando o segundo lugar de produção mundial.

Todavia, a soja, trata-se de monocultivo, ou seja, o plantio desta é efetuado em grandes áreas, acarretando na absorção dos nutrientes do solo. Para tanto requer aplicação intensiva de agrotóxicos, em decorrência de sua baixa resistência natural a doenças e pragas, chegando os investimentos nesta seara, segundo estudo realizado pela EMBRAPA, a 20% do custo total da produção, uma preocupação persistente dos produtores, que visam sempre a diminuição deste percentual, optando muitas vezes pela técnica da agricultura de precisão.

De acordo com o Boletim Técnico da Agricultura de Precisão (2013), a agricultura de precisão possui diversas formas de abordagem, porém o seu principal ponto de concentração objetiva a utilização de estratégias para resolver problemas da desuniformidade das lavouras, através de estudos e pesquisas realizados nas áreas específicas de implantação, com o resultado obtido por esta análise da falta de padrão da propriedade rural específica do estudo, vê-se a possibilidade de tirar proveito dessas deficiências apresentada nas pesquisas.

A implementação da agricultura de precisão adveio do interesse dos produtores em melhorar a rentabilidade de sua produção. Conforme nos ensina SWINTON & LOWENBERG-DEBOER (1998), trata-se de uma nova forma de gerenciar a produção de soja com o auxílio de tecnologias e procedimentos que visam otimizar a lavoura.

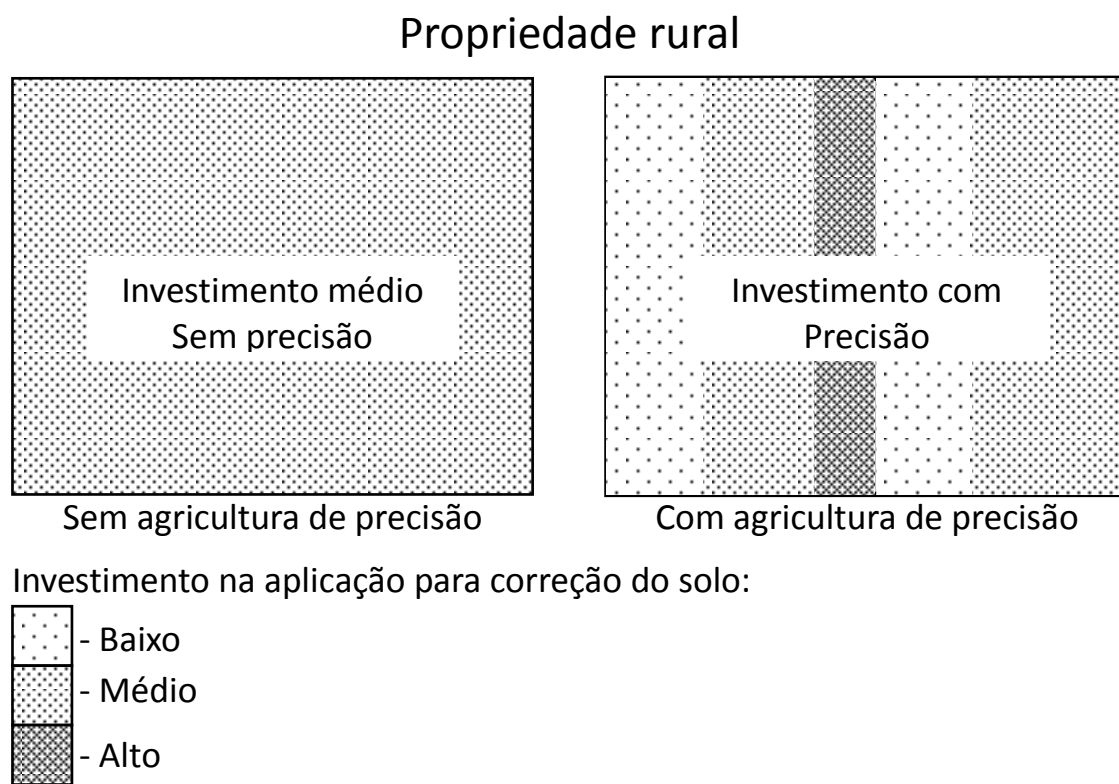
Corroborando com este conceito, BALASTREIRE (2000) nos trás que a agricultura de precisão está embasada em métodos que possibilitam um tratamento detalhado, considerando as diferenças de cada espaço de terra, não apenas em pequenas propriedades, mas também em grandes lavouras, podendo assim identificar as regiões de alta e baixa produtividade, aplicando a elas as tecnologias adaptadas para o meio agrícola.

Neste sentido, muito bem sintetiza a EMBRAPA (2015), que conceitua a agricultura de precisão como aquela que “trata-se de um sistema de manejo integrado de informações e tecnologias, fundamentado nos conceitos de que as variabilidades de espaço e tempo influenciam nos rendimentos dos cultivos”, que busca um detalhado acompanhamento da produção agrícola.

Ante os resultados advindos da implantação desta tecnologia, a agricultura de precisão tornou-se cada vez mais utilizada pelos produtores rurais como meio de reduzir gastos, obter maior rendimento, e qualidade em seus produtos.

Em que pese os bons resultados já alcançados com a agricultura de precisão, sua conjugação com o desenvolvimento tecnológico crescente vem para ampliar ainda mais os benefícios aos produtores, que passam a ter um controle extensivo de sua produção, podendo minimizar riscos, bem como preveni-los em plantações futuras.

Figura 1: Investimento com e sem agricultura de precisão



Fonte: do autor

2.1 TECNOLOGIA X AGRICULTURA

Dentro do contexto de aplicação de agricultura de precisão, ligada totalmente a tecnologia, vemos uma linha da tecnologia muito importante para aplicação na agricultura de precisão, sendo esta o Veículo Aéreo Remotamente Pilotado (VARP) também conhecido popularmente como “drone” (zangão em inglês), que permite a captura de imagens diretamente da plantação, com qualidade, e sem causar danos as plantas analisadas.

O “drone” é conceituado pela ABA (Associação Brasileira de Aeromodelismo) como “um veículo capaz de voar na atmosfera, fora do efeito de solo, que foi projetado ou modificado para não receber um piloto humano que é operado por controle remoto ou autônomo”.

Segundo JORGE, estes equipamentos, que foram inicialmente criados para auxiliar em missões militares, atualmente vem se dissipando em vários ramos, como

vigilância, cartografia, controle de tráfego urbano, missões de busca e resgate, acesso a regiões críticas, bem como na agricultura, em especial, na agricultura de precisão.

O VARP, tem sido uma importante opção da agricultura de precisão, onde além de sobrevoar áreas agrícolas, destaca-se com o “monitoramento de recursos naturais, meio-ambiente, atmosfera, imageamento hiperespectral, observações de rios e lagos, bem como o imageamento de práticas agrícolas e uso do solo”. (JORGE; INAMASU, 2014).

Como demonstrado, o apoio tecnológico do Veículo Aéreo Remotamente Pilotado, favorece muitos campos da agricultura, podendo reduzir significativamente os custos da produção e lavoura.

Com este cenário que faz a união do VARP com a agricultura de precisão JORGE, sugere a criação de um aparelho baseado em VARP capaz de realizar todas as análises voltadas especificamente a agricultura.

Sendo a partir deste a possibilidade de criação de um objeto voador remotamente pilotado, onde em pose de seu corpo estaria acoplado aparelhos que possuem a capacidade de estar realizando análises em solo e/ou vegetação, voltado ao ganho primordial da agricultura, com foco no desenvolvimento da tecnologia e na agricultura de precisão.

Como discorrido anteriormente, 20% do custo da produção de soja correspondem a aplicação de agrotóxicos, ante a necessária proteção desta cultura agrícola tão frágil, sendo a agricultura de precisão uma das técnicas mais utilizadas para a redução de referidos gastos aplicados desnecessariamente.

No entanto, esta cultura de soja com acompanhamento mais detalhado, pode ser ainda mais eficaz, se contar com os avanços tecnológicos dos veículos aéreos remotamente pilotados, equipado com uma câmera fotográfica de alta resolução, que poderá colher imagens das plantações já em fase de colheita e verificar quais os exatos pontos que permaneceram carentes de investimentos, bem como em quais deles o investimento não deu resultado, evitando assim gastos desnecessários na nova plantação.

3. ESTUDO DE CASO

Este projeto visa melhorar os investimentos realizados nas propriedades rurais, a fim de diminuir os custos com a produção de grãos. Com a análise realizada em diversos pontos do solo de uma propriedade, é possível obter toda a particularidade que aquele solo possui, e assim estar efetuando a aplicação de insumos agrícolas, em quantidades necessárias em cada ponto específico, fazendo com que o solo passe a ser uniforme para receber a plantação, e com esta mesma análise do solo, pode-se ter diferentes aplicações de defensivos, de acordo com a necessidade e análise realizada antes do plantio.

Sendo que na agricultura de precisão o agricultor faz um investimento alto, devido as inúmeras análises e sub análises do solo, de acordo com o tamanho da propriedade. Este processo se da como inicio de um longo processo de produção agrícola.

Para que estas imagens sejam coletadas, é necessário primeiramente mensurar o tamanho da propriedade agrícola, a partir deste define-se os pontos onde se vão realizar as coletas, estes dados georeferenciados de latitude e longitude serão informados no equipamento GPS () que faz parte do equipamento de coleta de amostras do solo.

O equipamento é composto por um quadrículo, por ter estabilidade, alcançar locais de difícil acesso, e possuir espaço suficiente para conectar o equipamento que literalmente realiza a amostragem. A ilustração 2 pode-se observar o quadrículo e ao lado o equipamento que faz a perfuração do solo para a retirada de amostras e sub amostras.

Figura 2: Quadrículo com equipamento que faz a coleta do solo



Fonte: Google Imagens

A partir da coleta das amostras do solo, estas serão enviadas aos laboratórios específicos, que farão a análise deste solo, a fim de obter todos os nutrientes do solo, principalmente suas deficiências.

Estas informações serão inseridas em um software que dispõe do mapa da propriedade rural e os pontos onde foram efetuadas a coleta das amostras do solo. A partir daí os agrônomos vão alimentar o sistema comparando a agricultura que será utilizada e o resultado das amostragens. Com estes dados é possível realizar a aplicação de insumos no solo, prevendo a adequação/correção de suas deficiências com base na cultura que será utilizada no momento.

A correção sendo efetuada dar-se a início a plantação, a agricultura de precisão continua sendo aplicada durante todo o processo produtivo da cultura, através de aplicações de defensivos agrícolas e outros processos provenientes do cultivo, visando sempre a maximização da produtividade.

No momento da colheita o produtor rural assim como os agrônomos que realizaram a aplicação da agricultura de precisão, não tem um retorno da produtividade, forçando-o a realizarem uma amostragem em campo, onde vão até a lavoura e

delimitam uma área e efetuam a colheita manualmente, onerando um certo tempo para efetuar este processo. Como é uma amostragem o resultado não é preciso como a agricultura de precisão, tendo em vista que o investimento realizado foi efetuado em diversos pontos da propriedade, esta amostragem não contempla a mesma exatidão dos resultados mensurados no início deste projeto.

O segundo modo de avaliar a produtividade é por média de colheita onde o agricultor efetua toda a colheita, e no final deste processo ele obtém o total colhido, aplicando assim uma fórmula simples de produtividade, onde se realiza a divisão do total colhido, pelo total da área cultivada.

Com este resultado o agricultor obtém uma média da produtividade, porém o mesmo problema se repete, um investimento alto para uma agricultura precisa, com coleta de vários pontos para se ter uma análise precisa de cada ponto, e a produtividade tirada de uma média geral, não se pode assim provar que a agricultura de precisão foi eficiente em toda a propriedade de maneira setorizada, e sim que foi eficiente em uma visão geral, podendo ter pontos com alta produtividade e outros com média a baixa produtividade, assim a média se torna vantajosa, porém não se tem uma análise específica se o processo foi eficiente em todos os pontos analisados.

Exatamente neste ponto concentra-se o objeto de estudo deste trabalho, buscando-se focar na prevenção de investimentos agrícolas equivocados, analisando a resposta da plantação aos investimentos empregados no solo, e gerando ao produtor respostas objetivas quanto à eficácia dos meios utilizados pela agricultura de precisão, prevenindo equívocos e prejuízos futuros.

Referida análise contará com o auxílio do VARP (drone), Parrot ArDrone 2.0, e uma câmera fotográfica digital, por meio dos quais serão coletadas imagens de diversas plantações, cuja altura e espaço serão testadas no momento da pesquisa de campo, a fim de averiguar qual atinge com maior precisão os objetivos traçados. As imagens serão coletadas em colorido, e posteriormente convertidas em bmp (bitmap) com a finalidade de alterar sua coloração para branco e preto, onde o preto representará o solo e o branco produção a ser analisada.

Figura 3: Drone a ser utilizado na pesquisa



Fonte: Google Imagens

Figura 3: Exemplo de coleta da imagem



Fonte: Autor

A figura 3 ilustra a forma como será realizada a captura da imagem para posterior análise. Sendo esta um exemplo, para melhor visualização, visto que a imagem será capturada no período de colheita a plantação vai estar seca e sem folhas, devido a passagem do dessecante na planta.

Com esta podemos também verificar os 2 objetivos específicos do projeto, sendo estes a altura em que o Drone vai estar no momento da captura da imagem, e a área que a imagem será capturada.

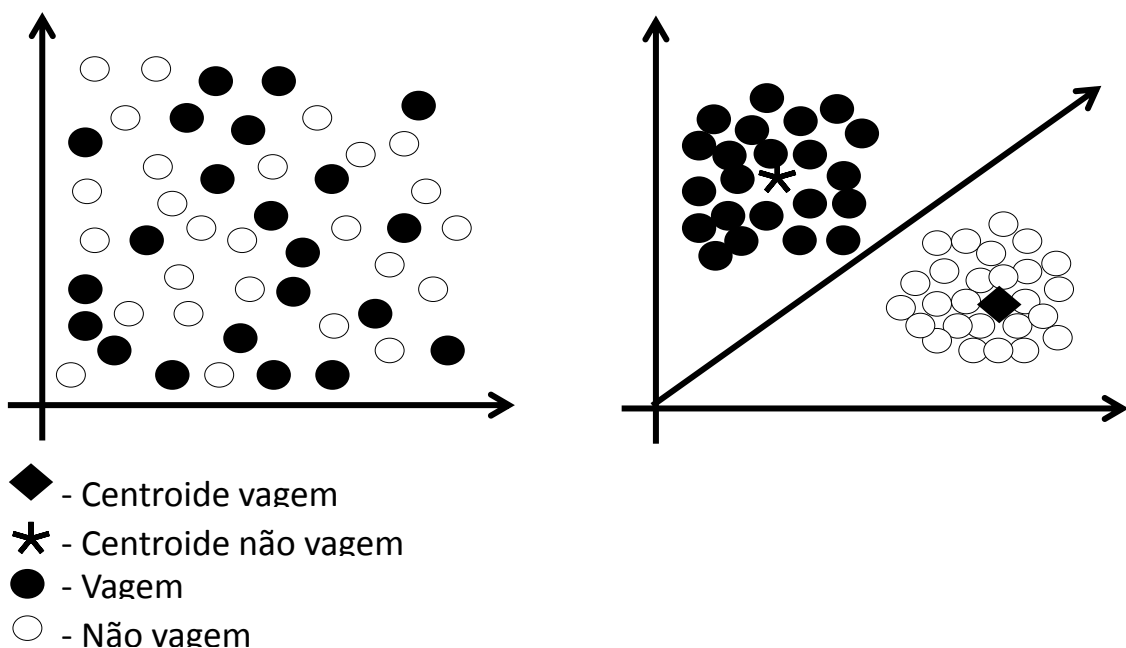
Para definir a altura ideal em que o Drone vai estar posicionado no momento da captura da imagem, será realizado vários testes, em varias alturas até obtermos a melhor para o estudo proposto, visando a qualidade da imagem e a melhor resposta a produtividade referente ao objetivo específico.

Com a definição da altura, a área a ser analisada passa a ser resultado da primeira pesquisa, pois através de uma podemos ter a outra, e a partir deste podemos ter a noção da área mais precisa a ser realizado a coleta da imagem para análise de produtividade, onde a mesma ira submeter a análise computacional.

Após a captura e o tratamento das imagens, será aplicado um algoritmo de agrupamento (clustering) conhecido como k-médias, que servirá para separação da produtividade por imagem da plantações.

Figura 4: Algoritmo de Clustering / K-means

Algoritmo de Clustering / k-means



Fonte: do autor

Esta metodologia, baseada em visão computacional e aprendizagem de máquina, visa auxiliar o produtor rural em suas tomadas de decisão, possibilitando comparação com os resultados esperados ante o investimento previamente realizado no solo. A metodologia poderá tanto oferecer uma resposta objetiva a respeito da eficácia dos meios utilizados, quanto servir para correção de investimentos inadequados.

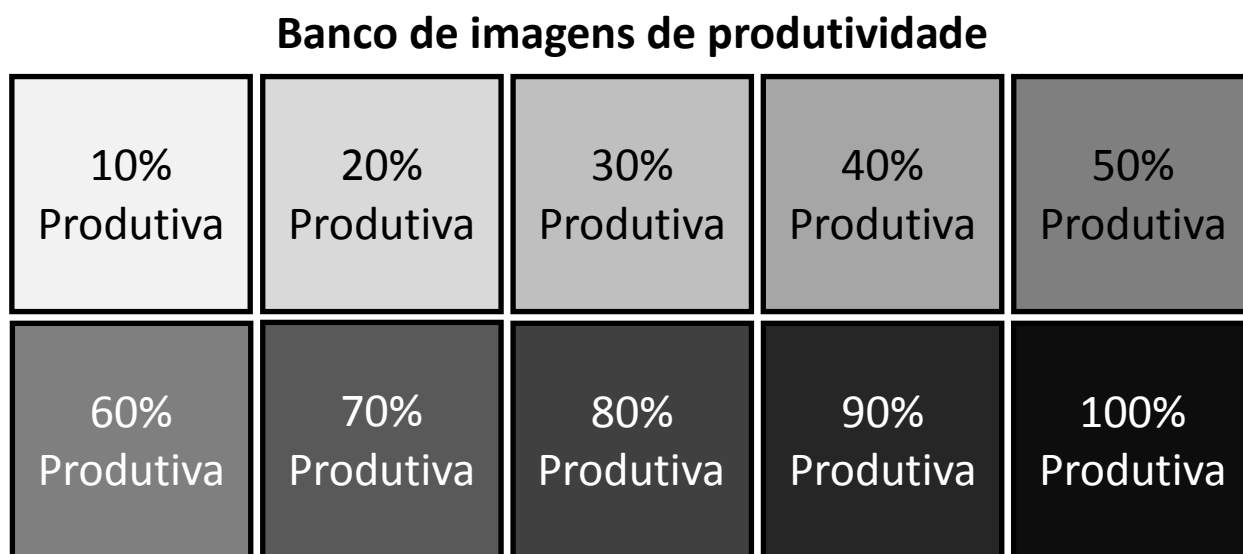
A metodologia pode facilitar ao produtor a obtenção de um maior resultado, bem como um investimento eficiente, reduzindo assim os gastos desnecessários e ampliando o lucro esperado na colheita.

4. SOLUÇÃO PROPOSTA

Ante a problemática apresentada, este trabalho visa como solução a identificação da produtividade da soja, a partir da captura de imagens em propriedades rurais, através do Veículo Aéreo Remotamente Pilotado (VARP), e uma com câmera fotográfica digital.

Para tanto, serão estudadas técnicas para transformar imagem da plantação de soja em números, e ou seja, lógica de programação e o algoritmo K-means (k-media), sendo que estas imagens serão, classificadas em níveis de produtividade, onde servirá de banco de dados, que será utilizado como base comparativa para as imagens a serem coletadas nas propriedades rurais da região de Campo Mourão PR, imagens estas a serem recolhidas com o auxílio de um “drone”, e uma com câmera fotográfica digital.

Figura 5: Percentuais da produtividade (banco de imagens)



Fonte: do autor

O banco de imagens será construído para classificar os níveis de produtividade, ou seja, quantificar a produtividade através de um banco de dados. Este banco de produtividade será obtido posterior a definição da altura em que o VARP estará no momento em que a imagem for obtida, assim como a área desta imagem.

Em posse da delimitação da área que será obtida na captura da imagem, ou seja, a área a ser analisada, manualmente se delimitará áreas iguais em locais de diferentes níveis de produtividade. Em cada uma destas áreas demarcadas, será efetuada a colheita das vagens para posterior contagem.

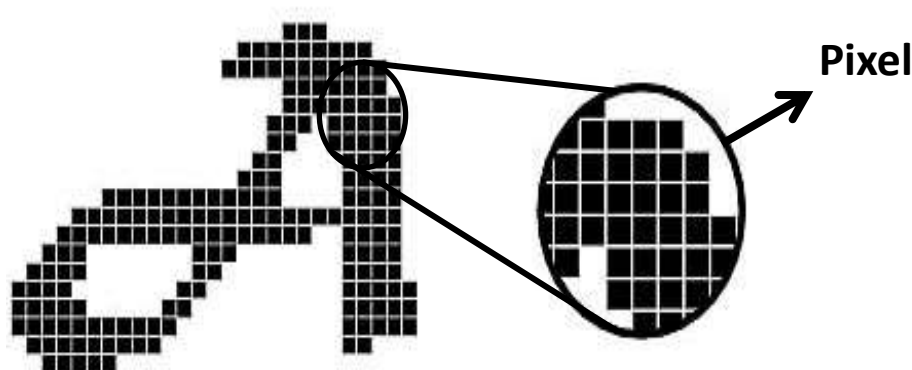
Em posse da imagem e do número de vagens, será alimentado o banco de dados com diversas imagens, de locais e produtividade diferentes. Com estas já dispostas no banco a obtenção do percentual produtivo desta área será classificada de acordo com os dados gravados.

Em primeira fase o banco de imagens será implementado de maneira manual, a partir da definição desta pesquisa da área a ser analisada com a imagem obtida pelo veículo aéreo remotamente pilotado, a pesquisa para incrementar o banco de dados a partir de imagens. Em primeira fase, será realizada a coleta manual do produto, posterior a imagem obtida.

A partir do momento em que a área da imagem for definida nesta pesquisa, a imagem será obtida, o local demarcado e a coleta realizada manualmente para obtenção da produtividade do soja naquela área definida. Este processo será realizado em diversos locais distintos, onde o banco possa estar sendo alimentado de maneira genérica englobando diversos níveis de produtividade.

Já em posse das imagens, se passará a fase de análise, onde o algoritmo irá convertê-la em bmp. Isto fará com que a imagem passe por um filtro onde as cores serão trocadas por preto e branco, sendo que o preto representa o solo, que serão desconsideradas, e a parte mais clara será o produto a ser analisado para comparativo com imagens do banco.

Figura 6: Pixel

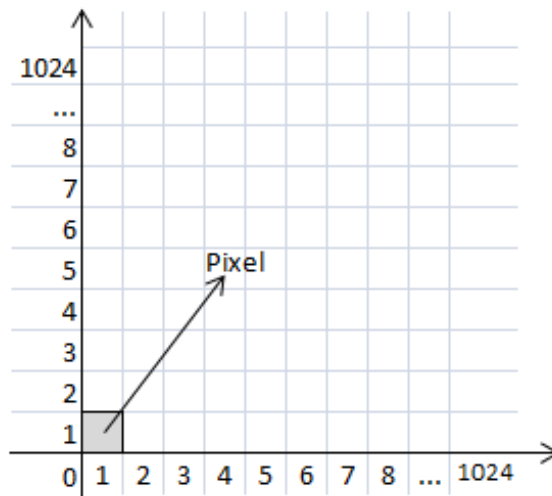


Fonte: www.purplezeus.com

Cada pixel representa uma cor a ser analisada sendo esta preto ou branco, ou seja, em termos de imagem digital de 8 bits onde 0 (zero) representa o preto, e 255 (duzentos e cinquenta e cinco) representa o branco, neste intervalo das cores obtêm-se os tons de cinza, em seus diferentes níveis variando de 0 a 255.

Assim com as imagens já convertidas em bmp, far-se-á uma divisão desta por pixel, trocando-se por bits, desta forma a imagem será analisada em forma de uma matriz, ou seja, um plano cartesiano, com X,Y (linhas e colunas).

Figura 7: Plano cartesiano (pixel)

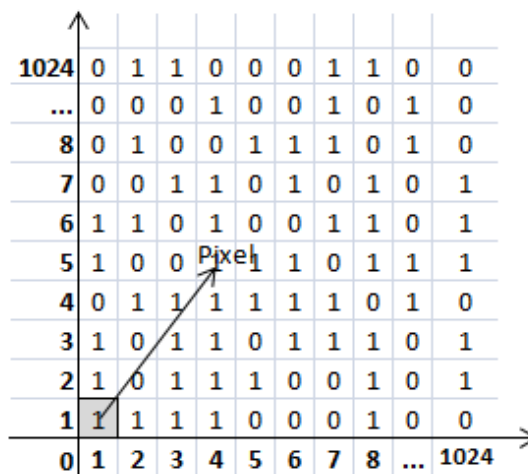


Fonte: do autor

Para cada pixel analisado, o processamento irá verificar em qual este se enquadra, a partir do banco de imagens, a varredura irá proceder do primeiro (1,1) ao último (1024,1024) pixel da imagem, o retorno deste processamento será dado em forma de bits, ou seja, para cada pixel haverá um número booleano de bits 0 ou 1, sendo estes, falso (0) ou verdadeiro (1).

Após o reconhecimento da imagem a transformando em bits, teremos um plano cartesiano com os resultados dos bits booleanos, como segue o exemplo.

Figura 8: Plano cartesiano booleano



Fonte: do autor

A partir de então ter-se-á uma imagem tratada pixel a pixel, com resultados que poderemos tirar uma média e comparar com o banco de imagens para ver com qual imagem em análise se aproxima mais, obtendo assim a produtividade por área predefinida.

Sendo que nesta fase a imagem terá sido transformada em números, que com o algoritmo irá resultar em uma probabilidade de resultado, obtendo assim a transformação de imagem digital para números naturais.

Com esta análise será possível à confecção de um parecer técnico destinado ao produtor rural, apontando qual o retorno produtivo de seus investimentos no solo, sabendo exatamente qual faixa de terra produziu menos para então investigar as causas e solucionar o problema por meio da agricultura de precisão.

Cronograma para confecção e implantação do projeto proposto, visando as principais atividades do processo.

FIGURA 9 – CRONOGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

CRONOGRAMA								
PERÍODO	2015					2016		
	8	9	10	11	12	1	2	3
Elaboração do Projeto								
Teste em Campo								
Documentação								
Correções Ajustes								
Resultado								

FONTE: O autor

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como descrito e exemplificado no decorrer deste trabalho, os altos investimentos aplicados por meio da agricultura de precisão, e a preocupação com um retorno compensatório deste investimento é o que mais aflige os produtores rurais, e o que levou ao desenvolvimento desta pesquisa, onde se esta meios eficazes de identificar de modo mais preciso os investimentos mais adequados a cada pedaço de terra através da agricultura de precisão.

Ante esta problemática, a pesquisa inicialmente teórica, que posteriormente será aplicada na prática, a fim de comprovar a teoria lançada, pode ser vista como um eficiente mecanismo de gasto consciente, onde os produtores terão noções mais exatas sobre sua produtividade e a necessidade particular de investimento, através do feedback obtido.

Ao unir a agricultura de precisão com a tecnologia do estudo de imagens, os prejuízos serão reduzidos e os lucros ampliados, favorecendo assim ao produtor rural.

Isto posto, considera-se de grande relevância o presente estudo, que certamente irá corroborar para um avanço significativo na agricultura de precisão.

REFERÊNCIAS

BALASTREIRE, L.A. **Aplicação Localizada de Insumos – ALI: Um velho conceito novo.** Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Anais. Unicamp, Campinas, 1994. **Potencial do uso da agricultura de precisão no Brasil.** In: II Encontro paulista de soja. Campinas, p. 176-217,2000.

BERNARDI, A. C. de C.; VAZ, C. M. P.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; ABREU, V. M. N.; LUCHIARI JUNIOR, A.; MACHADO, P. L. O. de A.; REIS FILHO, J. C.; INAMASU, R. Y. [Agricultura de precisão no Brasil: adoção, resultados e perspectivas.](#) **Curso Internacional de Agricultura de Precisión, 8ª Expo de Máquinas Precisas,** Córdoba: INTA Manfred, 2008.
<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPPSE-2009/17905/1/PROCIACCB2008.00098.pdf>.

Boletim Técnico da Agricultura de Precisão – **Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo** (Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Brasília: Mapa/ACS, 2013.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Agricultura de Precisão.** <http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2>. Acesso em [10/09/2015](#).

FAO – **Food and Agriculture organization of the United Nations** (Organização das nações unidas para alimentação e agricultura) **The State of Food Insecurity in the World** (Relatório sobre a fome no mundo). FAO: Rome, 2013.

FERREIRA, M. E.; ANDRADE, L. R. M.; SANO, E. E.; CARVALHO, A.M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; **Uso de imagens digitais na avaliação da cobertura do solo,** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUEDES FILHO, Osvaldo. **Qualidade física da semeadura do solo em sistemas de manejo**, Piracicaba, 2012.

JORGE, L. A. de C.; INAMASU, R. Y. [Uso de veículos aéreos não tripulados \(VANT\) em agricultura de precisão](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114264/1/CAP-8.pdf). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.
<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114264/1/CAP-8.pdf>.

JORGE, LA de C.; INAMASU, R. Y.; DO CARMO, R. B. Desenvolvimento de um VANT totalmente configurado para aplicação em Agricultura de Precisão no Brasil. In: **Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR, 15., 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 399-406., 2011.

MOLIN, JOSÉ PAULO. Tendências da agricultura de precisão no Brasil. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba**. 2004.

SARTORI, A. A. da C.; POLONIO, V. D; ZIMBACK, R. L. Adequação territorial com abordagem multicriterial pela análise da combinação linear ponderada. **Geociências**, V.33, n.2, São Paulo: UNESP, 2014.

SCHLESINGER, Sergio. A soja no Brasil. **Brasil Sustentável e Democrático. Seminário do Cone sul-2004**, 2010.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat, **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**, 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distancia da UFSC, 2001.

SWITON, S. M.; LOWENBERG-DEBOER, J. Evaluating the profitability of site-specific farming, **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 11, n.4, p. 439-446, 1998.