

Uso de Imagens Digitais em Mensurações de Coeficientes Técnicos Agropecuários

Fábio Diniz Rossi, Claudino Andrighetto, Otoniel Geter Lauz Ferreira
Unidade de Ensino Descentralizada de Santo Augusto
Centro Federal de Educação Tecnológica de Bento Gonçalves
Rua Batista Andrighetto, 1100
Santo Augusto – RS – Brazil
{fdrossi, candrighetto, oglferreira}@cefetbg.gov.br

Resumo

Na agropecuária, a medição de áreas é de grande importância em estudos sobre crescimento e melhoramento vegetal e animal, permitindo a seleção de plantas mais eficientes e/ou melhores ajustes nas taxas de produção animal. Entretanto, nenhuma das atuais técnicas de medição de áreas através de imagens digitais é satisfatória, pois exigem intervenções manuais na preparação ou mesmo na edição das imagens. Neste artigo, apresentamos um sistema computacional, que visa à automatização e praticidade na determinação de áreas baseadas em imagens digitais e que, de maneira simples, rápida e de baixo custo, possibilita a visualização de relatórios que possibilitam análises acerca dos objetos de estudo.

1. Introdução

A utilização da informática na agricultura (agroinformática) vem a cada dia mais demonstrando sua importância, melhorando a produtividade nas culturas através de *softwares* de modelagem e apoio à tomada de decisão.

Embora exista esse crescimento da tecnologia, a utilização em propriedades rurais é restrita, pois ainda é difícil justificar a utilização da informática pelo retorno financeiro agregado a sua utilização [16].

Sistemas de fácil manipulação e baixo custo tendem a modificar essa realidade, pois não oneram gastos em *software* nem em treinamentos, viabilizando o contato entre a produção rural e os meios tecnológicos que possibilitam crescimento de suas produções.

Este *software* proporciona a medição de dois índices relevantes para análises agropecuárias, que são: índice de área

foliar (IAF) [3] e área de olho de lombo (AOL) [9], de forma automatizada, rápida e de fácil manipulação.

Esta forma automatizada se dá através da utilização da computação gráfica. O conceito primeiro sobre computação gráfica a definia como o conjunto de técnicas e métodos utilizados para converter dados para um dispositivo gráfico via computador, porém hoje em dia, computação gráfica é mais do que isso, consiste nas técnicas de transformação de imagens e reconhecimento de padrões.

Transformações de imagens que visam melhorar as características visuais da imagem, por exemplo contraste, foco ou distorções. Reconhecimento de padrões buscado isolar e identificar componentes de uma imagem a partir de sua representação visual.

Baseado nas capacidades desta tecnologia, criamos um sistema computacional apto a analisar as imagens digitais as quais se propõe, de maneira ágil e prática, primando pela simplicidade e adaptação às novas arquiteturas de *hardware*.

A grande diferença entre a análise de imagens de AF e AOL é que as primeiras são compactas, necessitando de correções por inundação apenas em pequenos setores da imagem, enquanto a imagem de AOL expressa apenas o contorno da área, necessitando maior processamento para análise do polígono.

O objetivo deste artigo é apresentar um sistema computacional que utilize imagens digitais para determinar a AF, e conseqüentemente o IAF e AOL de maneira automatizada com facilidade e velocidade de resposta.

2. Estado da Arte

Quase toda a energia disponível para os humanos é derivada da transformação da energia solar que chega até o nosso planeta. Parte dessa energia é usada pelos organismos fotossintetizantes, sendo transformada em compostos

orgânicos através da combinação do dióxido de carbono da atmosfera com água.

O processo fotossintético é a base de toda a produção de biomassa vegetal que permite a sustentação dos organismos heterotróficos, entre eles dos seres humanos. Diante dessa importância, aumentar a eficiência fotossintética da produção vegetal passa a ser fundamental, tanto através do melhoramento genético das espécies, como no aprimoramento nas técnicas de cultivo que permitam aos vegetais melhorar seu desempenho.

Dentre essas técnicas, o IAF, que é compreendido como uma expressão da densidade populacional, dado pela área foliar (AF) existente em relação à superfície do solo, conceito de grande utilidade no manejo das culturas, especialmente para as forrageiras. Um exemplo da imagem que se submetida ao processamento do sistema desenvolvido, é exibida na Figura 1 [5].

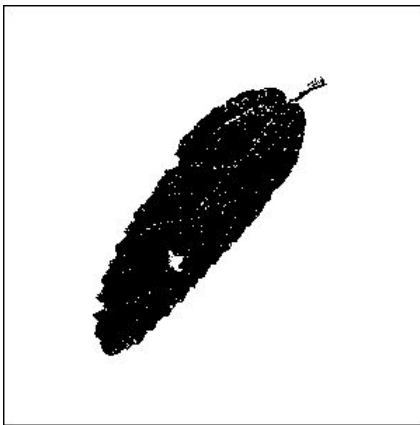


Figura 1. Imagem de referência para área foliar.

Entretanto, o conhecimento do conceito e/ou a constatação de sua importância tem utilidade prática limitada. Para uma utilização plena do potencial de manejo que esse instrumento permite, é importante a mensuração e determinação do índice de área foliar que se encontra o vegetal cultivado em um determinado momento.

Já a AOL consiste em imagens transversais do músculo *Longissimus dorsi* (Figura 2). Esta é considerada uma medida representativa da quantidade, qualidade e distribuição das massas musculares, pois músculos de maturidade tardia são indicados para representar um índice mais confiável sobre o desenvolvimento e tamanho do tecido muscular [15].

Essa medida pode ser obtida de diversas maneiras. De forma expedita, através do uso de planímetro manual, com uso de integradores eletrônicos, equipamentos normalmente de alto custo e assim de difícil aquisição e, mais recente-

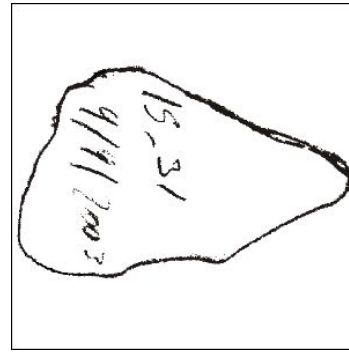


Figura 2. Imagem de referência para área de olho de lombo.

mente, com o uso de imagens digitais, onde o *software* mais conhecido é o Siarcs.

A utilização de imagens digitais possibilita a sua modificação de várias maneiras, portanto, estruturas podem ser destacadas por subtração, realce de bordas ou valores máximos/mínimos (*windowing*). Então, as imagens digitais são representações em duas dimensões de uma imagem como um conjunto finito de valores digitais. Esses valores digitais formam uma matriz onde cada ponto é associado a um valor. Com base nesse valor, podemos realizar análises sobre o espaço dessa imagem e realizar qualquer tipo de cálculo espacial, dentre eles o cálculo de áreas das imagens.

2.1. Siarcs

O Siarcs (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura de Solo) é um *software* nacional que analisa área de raízes, cobertura vegetal e AF. Foi desenvolvido pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), que tem por missão viabilizar soluções para o desenvolvimento sustentável do espaço rural, com foco no agonegócio, por meio da geração, adaptação e transferência de conhecimentos e tecnologias, em benefício de diversos segmentos da sociedade brasileira [2].

Porém, este sistema exige que o usuário selecione a área da imagem que deve ser visualizada, utilize filtros em linhas internas da imagem e ajustes de escala, pois o *software* não reconhece automaticamente a definição em *pixels* (resolução) da imagem digital.

Por fim, transforma a imagem digital resultante em um vetor de valores binários, e chega ao cálculo de áreas através da soma dos valores mais significativos. Tal técnica computacional não é considerada otimizada, pois o tamanho do vetor aumenta exponencialmente dependendo do tamanho da imagem, aumentando enormemente o processamento.

Portanto, o déficit no desempenho do Siarcs não se deve a sua engenharia de *software*, pois é perfeito ao que se propõe realizar que são as medições de áreas para análises de raízes e solos, mas principalmente às intervenções manuais para correções acerca da interpretação da imagem, luminosidade e tamanho real do objeto com a utilização de *softwares* de tratamento de imagem, o que onera tempo se comparado a um sistema que faz todas as correções necessárias em tempo de execução e sem intervenção humana.

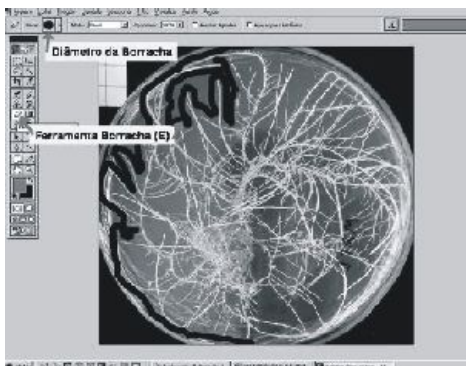


Figura 3. Tratamento manual em imagem digitalizada.

Como podemos acompanhar na Figura 3, notamos a manipulação que deve-se aplicar sobre a imagem para que o *software* Siarcs possa interpretar a área da raiz, neste caso específico.

As técnicas de análise utilizadas no Siarcs mostram-se úteis para análises de crescimento de plantas, medidas de fotossíntese e transpiração, de herbivoria, e de doenças foliares.

Em sua última versão opera em ambiente *Windows*, onde pode ser notado um desenvolvimento em sua programação no que diz respeito às cores das imagens digitalizadas, pois em versões anteriores era limitado a apenas 16 cores.

Hoje em dia o Siarcs é capaz de se utilizar entre 256 e 16 milhões de cores, sem contar que a própria interface do sistema mudou, tornando-se mais amigável e incrementando alguns objetos que proporcionam a manipulação das imagens e do próprio sistema mais fácil, tais como: barras de rolagem, *zoom*, ferramentas para seleção, visualização da paleta de diferentes formas. Ainda, as suas rotinas de processamento foram melhoradas, tais como: seleção de *pixels*, binarização, dentre outras.

3. DDA

O *software* então denominado DDA (Determinador Digital de Áreas) foi desenvolvido na Unidade de Ensino Descentralizada de Santo Augusto-RS do Centro Federal de Educação Tecnológica de Bento Gonçalves-RS, que contempla cursos Técnicos na área Agropecuária (agropecuária, zootecnia e agroindústria) e curso superior em Tecnologia de Agronegócios, o que possibilita utilização didática do DDA.

A diferença principal entre o DDA e outros *softwares* com a mesma função, consiste em que esses geram a partir da imagem um vetor binário do tamanho da imagem, fazendo uma leitura sequencial até o final do vetor. Por sua vez, o DDA gera vários vetores menores, um para cada linha, e consegue através de processamento paralelo (*threads*) ler várias linhas ao mesmo tempo.

Além disso, se utiliza de técnicas de computação gráfica [12] para determinar tamanho e definição da imagem automaticamente, algoritmos para ajuste de ruídos na imagem e técnicas de análise específicas para polígonos não-convexos, o que torna o DDA uma ferramenta completa para análise de IAF e AOL.

3.1. Aquisição e Tratamento de Imagens

As imagens são adquiridas através de um *scanner*, onde se pode gerar um arquivo de imagens únicas ou vários arquivos de imagens. A preferência é que essas imagens digitalizadas sejam adquiridas e salvas em formato BMP (*Windows Bitmap*) monocromático (amplamente utilizado em plataformas *Windows*). Em oposição às imagens vetoriais, as imagens *bitmap* são imagens que contêm a descrição de cada *pixel*, o que torna o tratamento deste tipo de imagem especializado, envolvendo interpolação e álgebra matricial.

Embora exija tratamento com cálculos complexos, a medição de áreas é fácil pois os pontos da imagem tem tamanhos fixos, possibilitando cálculos de área precisos e rápidos.

Baseado nessa fácil manipulação, uma das grandes vantagens do DDA é a sua capacidade de reconhecer a definição da imagem digitalizada, o que proporciona uma automatização no sentido que não é mais necessário incluir manualmente a escala das imagens [4].

Imagens ao serem digitalizadas sofrem processo de amostragem (*sampling*) que gerará, para cada linha da mesma, uma sequência de valores representando pequenos pedaços da mesma. Estes pedaços lembram um mosaico de pequenas partes de mesmo tamanho, alinhadas lado a lado [18].

Assim como em uma mosaico de pequenas partes, onde cada uma possui uma única cor, independente das demais

e no conjunto, ao serem observadas à distância formam determinada figura. Na imagem digitalizada também ocorre o mesmo: cada pedaço da imagem recebe o nome de pixel (palavra formada a partir de *picture element*) e é individualmente representada numericamente (porcentagens de cada cor básica e luminosidade).

A proporção entre a altura e a largura dos pixels que compõem uma imagem digital é chamada *pixel aspect ratio*, e imagens obtidas através de *scanners* e imagens geradas dentro do próprio computador (através de softwares gráficos por exemplo) possuem normalmente *pixels* quadrados [1].

O número que indica o valor do *pixel aspect ratio* é a medida da largura do *pixel* para uma altura padrão de uma unidade. Assim por exemplo, o formato DV (formato digital utilizado no segmento semi-profissional) no padrão NTSC (*National Television Standards Committee*) possui *pixel aspect ratio* de 0,9 porque seus *pixels* possuem 0,9 unidades de largura para uma altura de 1 unidade.

Sendo assim, sabendo o número de *pixels* existentes no interior de uma imagem, podemos definir qual a área em centímetros da mesma.

Essas imagens devem ser importadas pelo DDA, e todo o processo é realizado automaticamente, sem a necessidade de manipulações manuais por parte do usuário, até a emissão do relatório final.

Apresentamos a seguir, todo o processamento das imagens que o DDA realiza.

3.2. Anti-aliasing

O primeiro tratamento que o DDA realiza automaticamente nas imagens importadas do *scanner* é chamado *anti-aliasing*.

Aliasing (serrilhamento) [6], é o efeito em forma de serra que se cria ao desenhar uma reta em diagonal (Figura 4 - a). Para correção dessa imperfeição nas imagens, um algoritmo de *anti-aliasing* [19] é executado internamente, e consiste em verificar todos os *pixels* mais claros da imagem e pintá-los de branco, e todos os *pixels* mais escuros da imagem em preto (Figura 4 - b).

Isso possibilita ajustar ruídos e imperfeições nas imagens digitalizadas, permitindo assim, que o algoritmo de preenchimento consiga diferenciar as bordas das imagens viabilizando um melhor somatório das áreas ds imagens digitalizadas.

3.3. Inundação de Contorno para Análise de AOL

Alguns ruídos nas bordas das imagens ou mesmo falhas na área de leitura do *scanner* ocorrem. Para tratar-

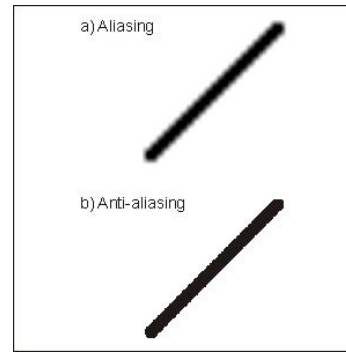


Figura 4. Efeito de Serrilhamento.

mos esses problemas utilizamos a técnica de inundação (*seed-fill*) [10]. Neste caso, todos os *pixels* vizinhos a um *pixel* inicial com características parecidas (magnitudes e direções próximas) recebem um mesmo rótulo (cor preta). Essa técnica também é utilizada para tratarmos algum defeitos no interior das imagens digitalizadas, o que em trabalhos futuros poderá ser utilizado para avaliarmos áreas de plantas atacadas por pragas ou doenças, como podemos ver na Figura 5, em comparação com a Figura 1. Notamos que existiu um preenchimento em ruídos do interior da folha para o cálculo da área.

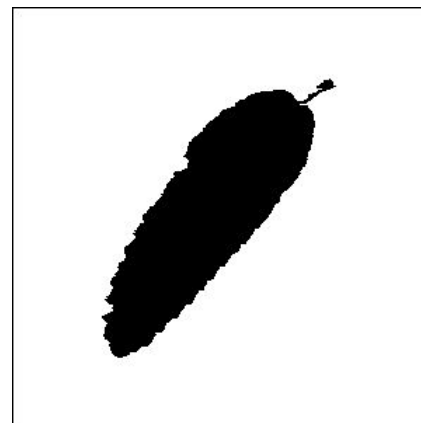


Figura 5. Imagem IAF inundada.

Isso possibilita que contornos das imagens digitalizadas não tenham linhas duplas devido à falhas de digitalização, o que iria proporcionar erros na verificação por paridade, que define se um *pixel* está dentro ou fora da imagem que deve ser mensurada [14].

3.4. Verificações por Paridade

Um grande problema na área de computação gráfica é no tratamento de polígonos não-convexos no que diz respeito a saber computacionalmente se um *pixel* se encontra no interior ou não deste polígono. Essa informação é de interesse para o DDA, pois é necessário saber automaticamente qual a localização de cada *pixel*, o que proporciona a integralização das áreas correspondentes às imagens.

Essa informação é determinada através da verificação de paridade com a utilização do algoritmo *scanline-fill* [20], que consiste em traçar uma linha sobre o polígono até um ponto P. Se o número de intersecções dessa linha até o ponto P for ímpar, então o ponto está dentro do polígono (Figura 6 - a). Se o número de intersecções dessa linha até P for par, então o ponto está fora do polígono, como podemos acompanhar na Figura 6 - b).

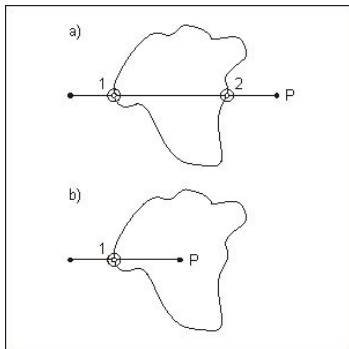


Figura 6. Paridade.

Assim, o DDA consegue determinar quais *pixels* são significativos para o cálculo das áreas das imagens e quais não são. Para IAF, esta técnica não é muito utilizada, pois as imagens são compactas, porém quando tratamos de AOL, onde as imagens são apenas contornos, essa técnica é decisiva na verificação das imagens.

3.5. Paralelismo do DDA

A soma de computação gráfica e processamento paralelo é um diferencial do DDA, pois possibilita a resolução deste problema em específico com maior precisão em todas as fases do processo, tornando o *software* otimizado e eficiente [8].

A utilização de técnicas de processamento paralelo está cada vez mais presente em nossos computadores pessoais, pois processadores com vários *cores* (núcleos) [7] tornaram-se equipamentos de baixo custo e de fácil aquisição. Porém, esses computadores são equipados com processadores que realizam mais de uma tarefa ao mesmo tempo, se e somente

se, o sistema a utilizar esse tipo de arquitetura esteja preparado para executar em vários núcleos ao mesmo tempo (Figura 7).

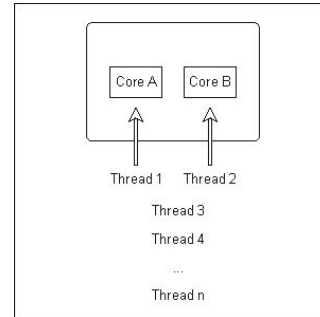


Figura 7. Arquitetura de Processadores Multi-core.

Existe um senso comum sobre aplicações em processadores *multi-cores*, que todas as aplicações tem ganho significativo de processamento, porém essa informação pe falsa. Somente aplicações desenvolvidas para trabalhar com multi-processamento vai se utilizar desse novo tipo de tecnologia, chegando ao ponto de processadores *multi-core* desligarem um segundo *core* para poupar energia devido a aplicações sequenciais que não utilizam *threads*.

Essa utilização de processadores *multi-cores* [11] é feita através de técnicas de processamento paralelo chamadas *threads* [13], que são processos leves que embora ocupem a mesma área de memória, alocam *cores* em paralelo, otimizando cálculos pois executam ao mesmo tempo.

Essa técnica de multi-programação (*threads*) é utilizada na leitura sobre as imagens digitalizadas, pois como vimos anteriormente, sistemas que realizam o mesmo processo transformam as imagens em vetores binários e se movem sequencialmente no vetor, integralizando a área da imagem dessa forma.

No DDA, a imagem é distribuída em vários vetores menores, e várias *threads* lêem esses vetores paralelamente, então, o processamento paralelo possibilita a leitura de vários vetores ao mesmo tempo, como acompanhamos na Figura 8.

Isso possibilita um ganho global de desempenho no processamento da imagem, pois ao invés da execução sequencial de apenas 1 processo por vez, a troca de contexto no acesso aos processadores é mais rápida, não deixando os processadores ociosos enquanto existirem imagens a ser processadas [17] em vários *cores* ao mesmo tempo.

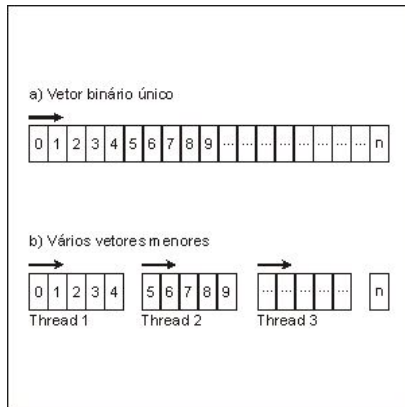


Figura 8. Vetor Binário Sequencial x Vários Vetores Menores em Paralelo.

4. Validação

Para validar o DDA como uma solução robusta para análise de IAF (pois o Siarcs não faz mensuração de AOL), comparamos o seu funcionamento com o Siarcs, que atualmente é o *software* indicado para esse fim, e que vem sendo amplamente utilizado tanto no meio empresarial quanto na academia.

Não demonstraremos comparações de precisão dos valores das áreas, pois como os dois *softwares* se utilizam de medições binárias sobre *pixels*, o valor final do cálculo de áreas é exatamente o mesmo, porém mostraremos as vantagens do DDA quanto ao tempo de processamento de um grande número de imagens a ser processadas.

Essas comparações levam em conta o número de imagens, tamanho das imagens, tempo dispendido na preparação das imagens, e tempo total de processamento.

Nos testes executados, o número de imagens variou entre 10 e 50 (10, 20, 30, 40 e 50 imagens). Estas imagens tem em média individual 200 *kilobytes*, o que proporciona além de uma análise do ônus de preparação da imagem através de ferramentas gráficas que permitem ajustes manuais, uma análise no avanço do ônus de processamento, pois o aumento do tamanho das imagens é exponencial a tal ponto que no último ambiente temos uma carga de processamento de imagens de 10 *megabytes*.

Todos os teste foram realizados em um computador equipado com um processador *dual core*, que vem a possibilitar a utilização de processamento *multi-thread*, um dos diferenciais do DDA, adaptado às novas realidades da computação atual.

4.1. Comparações

Como já citamos anteriormente, foram utilizados diferentes ambientes para a comparação entre os sistemas e, podemos acompanhar algumas vantagens do modo de operação do DDA frente ao Siarcs, algumas delas são:

- não necessita de pré-processamento;
- permite processamento *multi-thread*.

O DDA não necessita de ajustes nas imagens antes da medição das áreas através do sistema, como o Siarcs necessita. Essa é notadamente a grande vantagem da utilização do DDA frente às outras soluções gráficas, pois foi desenvolvido para automatizar todo o processo sem intervenção do usuário. Toda a leitura da imagem, somada a obtenção de características da imagem (como definição e tamanho), reconhecimento de traços e diferença de cores e tons, são realizadas pelo próprio DDA, através da utilização das técnicas de computação gráfica.

Podemos acompanhar na Tabela 1 (Im. = quantidade de imagens, Tam = tamanho total destas imagens em *megabytes*, TM = tempo utilizado em correções manuais, TP = tempo efetivo de processamento destas imagens pelo sistema e TT = tempo total desde intervenções manuais somado ao tempo de processamento, até a geração de relatório final).

Im.	Tam.	TM	TP	TT
10	2 MB	300 seg.	20 seg.	320 seg.
20	4 MB	720 seg.	42 seg.	762 seg.
30	6 MB	1080 seg.	71 seg.	1151 seg.
40	8 MB	1560 seg.	105 seg.	1665 seg.
50	10 MB	1920 seg.	132 seg.	2052 seg.

Tabela 1. Teste Siarcs - IAF

Podemos notar então, que o grande ônus do Siarcs se encontra nas intervenções para correções manuais que o usuário deve aplicar sobre as imagens digitais que devem ser processadas pelo sistema.

Por si só, a utilização destas técnicas mostra um ganho de tempo notável, pois em ambientes com um grande número de imagens, torna-se oneroso ao usuário manipular todas as imagens, preparando estas, para a leitura pelo Siarcs, o que não é necessário no DDA.

Na Tabela 2 podemos analisar que além do ganho do tempo de manipulação das imagens, que inexistente no DDA, temos um ganho significativo através da utilização de processador específico para processamento paralelo.

Mesmo que o DDA seja utilizado em um computador que não seja equipado com este tipo de processador, o ganho pela utilização das técnicas de computação gráfica é um

Im.	Tam.	TM	TP	TT
10	2 MB	0 seg.	12 seg.	12 seg.
20	4 MB	0 seg.	19 seg.	19 seg.
30	6 MB	0 seg.	31 seg.	31 seg.
40	8 MB	0 seg.	48 seg.	48 seg.
50	10 MB	0 seg.	61 seg.	61 seg.

Tabela 2. Teste DDA - IAF

diferencial, o que valida o DDA como uma solução bastante robusta na medição de índices agropecuários.

5. Conclusões

A medição de coeficientes técnicos agropecuários vem demonstrando sua importância, pois possibilita um melhor ajuste nas taxas de produção. Com o advento da computação, podemos nos utilizar das novas tecnologias para automatizar o acesso a esses índices, possibilitando uma otimização no tempo de resposta voltado ao desenvolvimento vegetal/animal.

Porém, o que nota-se é que sistemas de computação vem evoluindo exponencialmente em várias áreas do conhecimento, porém em áreas agrícolas esse crescimento da tecnologia no que diz respeito à sistemas vem voltando seu interesse apenas nos últimos anos, e isto se deve principalmente a um incremento da utilização do computador como ferramenta de auxílio nas produções agropecuárias.

Portanto, muitas metodologias e equipamentos tradicionais estão sendo substituídos por sistemas eletrônicos, que otimizam as análises de dados rurais. Uma destas tecnologias é a computação gráfica, que através da utilização de imagens digitais, proporciona ao produtor uma verificação em tempo real do desenvolvimento de sua produção.

Inserido nesse meio, desenvolvemos o DDA, sistema de determinação de áreas, até o momento desenvolvido para determinação de índice de área foliar (IAF) e área de olho de lombo (AOL), que por ter sido desenvolvido de forma modular, permite como trabalhos futuros a adição de novos parâmetros de medição agropecuária.

O DDA se mostra válido, tanto pela sua facilidade de utilização quanto pela sua agilidade. A sua facilidade de utilização se deve a não necessidade de intervenções do usuário, que apenas deve capturar as imagens digitais através de meio óptico (no momento, especificamente o *scanner*) e importar no DDA essa lista de imagens digitalizadas, não precisando intervir mais no processo.

A sua agilidade vem da computação gráfica aliada a técnicas de processamento paralelo. As técnicas de computação gráfica possibilitam uma melhor leitura sobre as imagens, proporcionando rapidez na leitura das áreas e dimensões das imagens.

Já as técnicas de processamento paralelos incrementadas ao DDA, possibilitam que em computadores equipados com processadores que possibilitem processamento paralelo (processadores *dual core*, *core duo*, *core 2 duo*, *quad core*, o DDA aumente a otimização no processamento das imagens digitais.

Isto mostra que o DDA está preparado e adaptado às novas tecnologias que estão surgindo, um dos seus diferenciais.

Referências

- [1] volume 1, Brooklyn, NY, USA. Pixel Communications, Inc.
- [2] <http://www.embrapa.br>, Acessado em 20/07/2008.
- [3] N. Bréda. Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. pages 2403–2417, 2003.
- [4] K. W. Brodli. Computer graphics for scientific computing. pages 187–201, 1990.
- [5] A. Caruzzo and H. Rocha. Estimativa do índice de área foliar (iaf) em regiões de pastagem e floresta com um método indireto (gap fraction) durante o experimento amc/lba. pages 2478–2485, 2000.
- [6] P. W. Cattaneo. The anti-aliasing requirements for area and timing measurements in sampled systems. *Signal Process.*, 82(3):407–416, 2002.
- [7] T. Constantinou, Y. Sazeides, P. Michaud, D. Fetis, and A. Seznez. Performance implications of single thread migration on a chip multi-core. *SIGARCH Comput. Archit. News*, 33(4):80–91, 2005.
- [8] F. C. Crow. Parallel computing for graphics. In *Advances in Computer Graphics VI, Images: Synthesis, Analysis, and Interaction (Tutorials from Eurographics'90 Conf.)*, pages 113–140, London, UK, 1991. Springer-Verlag.
- [9] B. Golden. Genetic parameter estimates of ultrasound-measured longissimus muscle area and 12th rib fat thickness in brangus cattle. pages 2623–2630, 1993.
- [10] P. S. Heckbert. A seed fill algorithm. pages 275–277, 1990.
- [11] R. Kumar, V. Zyuban, and D. M. Tullsen. Interconnections in multi-core architectures: Understanding mechanisms, overheads and scaling. *SIGARCH Comput. Archit. News*, 33(2):408–419, 2005.
- [12] P. G. Mccrea. *Raster scan computer graphics and incremental computing systems*. PhD thesis, New South Wales, Australia, Australia, 1976.
- [13] K. Schwan, H. Zhou, and A. Gheith. Real-time threads. *SI-GOPS Oper. Syst. Rev.*, 25(4):35–46, 1991.
- [14] C. D. Shaw, J. A. Hall, D. S. Ebert, and D. A. Roberts. Interactive lens visualization techniques. In *VIS '99: Proceedings of the conference on Visualization '99*, pages 155–160, Los Alamitos, CA, USA, 1999. IEEE Computer Society Press.
- [15] H. Shepard. Genetic parameter estimates of live animal ultrasonic measures of retail yield indicators in yearling breeding cattle. pages 761–768, 1996.

- [16] S. Shur and D. Mittelberg. Agro-industrial community computerisation. *Comput. Bull.*, 1(1):22–24, 1989.
- [17] G. J. Smit, A. B. Kokkeler, P. T. Wolkotte, and M. D. van de Burgwal. Multi-core architectures and streaming applications. In *SLIP '08: Proceedings of the 2008 international workshop on System level interconnect prediction*, pages 35–42, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [18] G. F. Swart. *Efficient algorithms for computing geometric intersections (decision tree, hidden line removal, graphics, complexity)*. PhD thesis, 1985.
- [19] K. Turkowski. Anti-aliasing through the use of coordinate transformations. *SIGGRAPH Comput. Graph.*, 16(3):19, 1982.
- [20] D. Weinstein. Scanline surfacing: building separating surfaces from planar contours. In *VIS '00: Proceedings of the conference on Visualization '00*, pages 283–289, Los Alamitos, CA, USA, 2000. IEEE Computer Society Press.