

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

GABRIEL GARCIA ALMEIDA

FENOTIPAGEM POR IMAGENS DIGITAIS A PARTIR DA RECONSTRUÇÃO
TRIDIMENSIONAL DE TOMATEIRO

Monte Carmelo

2021

GABRIEL GARCIA ALMEIDA

FENOTIPAGEM POR IMAGENS DIGITAIS A PARTIR DA RECONSTRUÇÃO
TRIDIMENSIONAL DE TOMATEIRO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de
Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como
requisito necessário para a obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 23 de novembro de 2021

Banca Examinadora

Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel

Orientador (a)

Camila Soares de Oliveira

Membro da Banca

Rafael Resende Finzi

Membro da Banca

Monte Carmelo
2021

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1 Cultura do Tomate	6
2.2 Banco de germoplasma	7
2.3 Fenotipagem.....	8
3 JUSTIFICATIVA	9
4 OBJETIVOS	9
5 MATERIAL E MÉTODOS	10
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
7 CONCLUSÃO.....	14
REFERÊNCIAS.....	15

RESUMO

Os programas de melhoramento genético têm encontrado dificuldade na caracterização de plantas e na extração de informações importantes para o desenvolvimento de novos híbridos. Os métodos tradicionais de fenotipagem demandam muito tempo e mão de obra, e também não conseguem extrair características complexas, com isso, esses métodos vêm sendo substituídos por técnicas mais precisas. A reconstrução tridimensional da planta do tomateiro, a partir de imagens, é uma forma de avaliar os acessos de tomate e de apresentar informações para complementar os bancos de germoplasma. Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, entre 2018 a 2019 no município de Monte Carmelo e a reconstrução foi obtida através de 30, 60, 80 e 90 fotos, tiradas 360° em relação as plantas de tomateiro, e posteriormente processadas pelo software Pixel for D. A estrutura da planta foi satisfatoriamente retratada a partir das imagens com 80 e 90 fotos, sendo essa a metodologia indicada pelo trabalho para a reconstrução tridimensional.

Palavras-chave: caracterização de plantas, bancos de germoplasma, melhoramento genético.

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro *Solanum lycopersicum* é uma hortaliça que possui grande relevância no mercado, pois os frutos são amplamente consumidos por pessoas de todo o mundo. Ademais os frutos apresentam propriedades nutricionais de grande valor, sendo um alimento rico em vitaminas A, B e minerais importantes (JUNIOR; 2012).

A produtividade da cultura do tomate de mesa no Brasil teve um aumento significativo desde a década de 1980 (FILHO; 1994). Esse aumento é atribuído, em parte, à introdução de híbridos (BOITEUX et al.; 1986). Entretanto a cultura do tomate é vista como de alto risco, pelo fato de ser suscetível a várias doenças e pragas, associado a alta demanda de mão-de-obra e investimento. Por esse motivo, a pesquisa e desenvolvimento de novos híbridos é frequente, buscando maximizar o uso de recursos naturais e a resistência a patógenos (FERNANDES et al.; 2007).

Para obtenção de híbridos, os melhoristas precisam conhecer o germoplasma disponível, e a partir das informações sobre os acessos que o compõe, utilizar as fontes de variabilidade para que o objetivo seja alcançado. Dessa forma a caracterização dos acessos são indispensáveis para gerar essas informações. (FALEIRO; ANDRADE; JUNIOR; 2011).

Os bancos de germoplasma de tomateiro tem a função de conservar os genes que poderão ser explorados pelos melhoristas na formação dos híbridos. Logo, a descrição dos acessos que compõem o banco de germoplasma é importante para gestão da variabilidade genética. A caracterização dos bancos de germoplasma, possibilita identificar e detalhar as diferenças entre os acessos (NEITZKE et al.; 2010). Essa caracterização tem a possibilidade de diferenciar plantas, reconhecer acessos iguais e encontrar características de interesse para o melhoramento genético (COSTA et al.; 2009).

A caracterização de um germoplasma pode ser realizada com base em características morfológicas, químicas, bioquímicas e moleculares (SALOMÃO; 2010). São usadas em várias culturas a estatística multivariada para estimar a diferença genética destas (DUTRA; 2018). Entretanto, é uma técnica que exige experimentação a campo, e meios destrutivos que demandam tempo, recursos e mão-de-obra. O processo de caracterização de uma população através das técnicas tradicionais de fenotipagem é muito dificultoso, devido ao elevado número de indivíduos a serem caracterizados e a complexidade das características mensuradas. (SOUSA; et.al; 2015). As técnicas tradicionais de fenotipagem não conseguem extrair

características complexas como cor, formato fruto, forma de folhas e cachos, proveniente de modificações genéticas.

A reconstrução tridimensional da estrutura da planta, a partir de imagens digitais, é um método de fenotipagem, que permite estimar diversas informações úteis para complementar o banco de germoplasma. Ela possibilita acompanhar o crescimento vegetativo e a avaliação posterior de qualquer fase da planta, sem ter a necessidade de realizar um novo experimento. Além disso, por essa metodologia é possível estimar altura, largura, número de folhas, ângulo de inserção das folhas, área foliar individual e área projetada das plantas (SOUSA; 2014).

A obtenção dos dados estimados, por meio da fenotipagem, permite avaliar com maior precisão a dissimilaridade genética entre genótipos, e conseqüentemente encontrar facilmente características de interesses para um programa de melhoramento. Como são escassas pesquisas que demonstram o uso e a efetividade da reconstrução tridimensional da estrutura vegetativa como método de fenotipagem. O objetivo desse trabalho é criar um modelo para reconstruir a estrutura de uma planta de tomate através de imagens digitais, a fim de caracterizar e fornecer informações uteis para o banco de germoplasma.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do Tomate

O tomate é uma planta herbácea, dicotiledônea com folhas alternadas. Suas flores são hermafroditas, por isso é considerada uma planta autógama, entretanto possui uma pequena taxa de alogamia. Seu fruto é carnoso do tipo baga e pode apresentar dois ou mais lóculos e suas sementes são bastante pequenas e uniformes, com a presença de pelos. (GOULD; 1992)

A cultura do tomate pode ser conduzida de duas formas, de acordo com seu hábito de crescimento. O hábito de crescimento indeterminado é característico da cultivares destinada ao consumo *in natura* ou tomate de mesa, nele as plantas são conduzidas com tutoramento e poda, podendo atingir uma altura de 2,5m. Isso ocorre devido a dominância da gema apical sobre as laterais que se desenvolvem menos. O hábito determinado é presente nas cultivares em que os frutos são destinados para indústria, a planta cresce de forma rasteira sem tutoramento, assumindo o formato de moita. A haste atinge cerca de um metro e seu crescimento é menos vigoroso. (FILGUEIRA; 2008)

Os frutos destinados ao consumo *in natura* podem ser divididos em quatro grandes grupos. A variedade Cereja é caracterizada por frutos pequenos com formato periforme e grande teor de sólidos solúveis, sendo muito utilizado na ornamentação de pratos. Os tomates do grupo Italiano são compridos, firmes, com coloração intensa e se tem observado aumento da demanda pelos consumidores devido ao seu sabor. O tipo Salada apresenta frutos de formato globular, achatado e bem grandes, possui habito de crescimento determinado e indeterminado. Já os do grupo Santa Cruz são compostos por frutos oblongos e sabor um pouco ácido. São os mais encontrados no mercado, tendo seu preço mais baixo que os demais. (DUSI et al; 1993)

Seu cultivo se estende por regiões de clima tropical e subtropical, podendo ser produzida no mundo todo, destaca-se como a segunda hortaliça mais cultivada, ficando atrás da batata. (SANTOS; 2005). Exige muitos insumos e serviços, é altamente suscetível ao ataque de pragas e doenças, por isso é considerada uma atividade de alto risco. (FERNANDES et al.; 2007). Muito sensível ao déficit hídrico, a irrigação tem grande influência na produção e qualidade dos frutos. É considerada uma cultura de grande valor comercial por ser uma das hortaliças mais consumidas no Brasil. (SILVA; MOURA; CASALI; 2001)

O tomate deve ser considerado como a hortaliça mais importante, por seus impactos socioeconômicos e seu valor nutricional. (NETO; 2019) Devido a relevância da cultura, as cadeias produtivas devem se organizar para aumentar a produtividade e reduzir os problemas da produção. A produção de tomate vem ganhando destaque e avança com a utilização de ambientes protegidos e cultivares híbridas de alto desempenho (SELEGUINI; 2005).

2.2 Banco de germoplasma

São unidades de conservação de material genético, cujo objetivo é preservar e manejar a variabilidade genética das espécies, principalmente para pesquisas e melhoramento genético (VEIGA; 2008). O Germoplasma é o material onde está presente os genes que guiam o desenvolvimento dos seres vivos e constituem a herança biológica. Através da sua combinação surgem as diversidades genéticas, que são a base do melhoramento genético (IBPGR; 1991). Segundo Vieira (2006), é essencial para os programas de melhoramento recorrer aos bancos de germoplasma.

O germoplasma pode ser dividido em cinco categorias: parentes silvestres; populações locais; cultivares que foram substituídas; linhagens experimentais e cultivares modernas. No banco de germoplasma é preciso ter uma variabilidade mínima que represente o acesso, seja

cultivar elite ou primitiva, população, raça espécie ou gênero (ARAÚJO; CARVALHO; SILVA; 2008). A diversidade de espécies é expressiva, o que caracteriza uma vantagem, pois seu germoplasma continuará sendo a fonte de variabilidade mais utilizada no desenvolvimento varietal (BORÉM; MILACH; 1999). Portanto é importante coletar e disponibilizar informações desses acessos conservados.

A principal preocupação dos pesquisadores é a perda de variabilidade genética das espécies cultivadas e suas variedades silvestres, o que ocasionaria um estreitamento da base genética disponível. (HALLAUER; CARENA; MIRANDA; 1988). A erosão genética despertou o interesse de se conservar os germoplasmas vegetais, para que possam ser usados no futuro. Esses podem ser conservados como sementes, pólen, órgãos vegetativos ou plantio no campo. É de extrema importância que os acessos sejam conservados isentos de patógenos e que tenham viabilidade e estabilidades para serem multiplicados e usados (SOUZA; 2009). Com intuito de preservar a variabilidade e evitar o estreitamento da base genética, o CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research), organização internacional que coordena pesquisa agrícolas, criou o *International Plant Genetic Resource Institute* com a finalidade de coletar materiais, fazer sua documentação e o intercâmbio do germoplasma com o mundo (SILVA; MOURA; CASALI; 2001).

2.3 Fenotipagem

A fenotipagem tem como base o genótipo, o ambiente, e a interação entre os dois que forma o fenótipo. O genótipo é a constituição genética de um indivíduo ou pode referir-se a apenas uma característica específica (SADRAS; REBETZKE; EDMEADE; 2013). Já o fenótipo são as características expressas em determinado ambiente, como forma, tamanho, peso e cor (WALTER; LIEBISCH; HUND; 2015). Determinar os valores qualitativos e quantitativos e relacionar o desempenho do genótipo em ambientes, é o que caracteriza a fenotipagem (DHONDT; WUYTS; INZÉ; 2013). O termo fenotipagem tem sido associado a análises ópticas de características vegetais, principalmente com o uso de imagens (WALTER; LIEBISCH; HUND; 2015).

A fenotipagem de plantas, em geral, avalia características facilmente mensuráveis, como peso tamanho, formato dos frutos e estruturas vegetais. Essa técnica possibilita medições em

qualquer horário, sem preparação prévia da amostra, sem necessidade de equipamentos sofisticados, e de fácil interpretação dos dados.

Os métodos modernos de análise de plantas, em larga escala e de alta precisão, podem ser realizados em ambientes controlados quanto no campo. No entanto em condições controladas essas técnicas proporcionam o progresso inicial mais rápido e possibilitam a identificação de genótipos mais tolerantes. Em muitos trabalhos, o desempenho dos genótipos tem sido similar em ambas condições de ambientes (REYNOLDS et al.; 1998)

Segundo Tilman et al. (2011), estima-se que a demanda mundial de alimentos terá um aumento de 110% entre os anos de 2005 a 2050 devido ao aumento da população e a melhor expectativa de vida, especialmente nos países em desenvolvimento. Frente a isso o melhoramento genético deve ampliar a base genética e buscar meios para mensurar as características fenotípicas.

3 JUSTIFICATIVA

Atualmente, a forma de identificar bancos de germoplasma tem sido a utilização de análise multivariada. Mesmo sendo um método rico em informações, não consegue extrair a complexa diversidade genética presente nos bancos de germoplasma. Associado a isso, este trabalho propõe melhorar a qualidade e quantidade de informações sobre o germoplasma, através da reconstrução tridimensional da estrutura de tomateiro, de maneira que o melhorista tenha informações mais precisas e não precise realizar um novo experimento, sendo suficiente somente acessar o banco de dados e rever as imagens do genótipo de interesse. O método permite visualizar de forma real as informações que podem ser extraídas da planta (cor, formato fruto, forma de folhas e cacho), diferentemente de tabelas em que são extraídos apenas dados numéricos e descrição de características.

A quantidade de fotos (30, 60, 80 e 90) foram escolhidas com a finalidade de ser um método mais rápido e menos trabalhoso para a obtenção das imagens. As fotos foram tiradas em ambiente iluminado, preferencialmente em fundo branco.

4 OBJETIVOS

Tem-se por objetivo criar uma metodologia para a reconstrução tridimensional da estrutura de tomateiro, com determinação do número de imagens suficientes, a fim de visualizar de forma real as informações complexas que podem ser extraídas da planta como cor, formato, fruto, forma de folhas, número de cachos.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, entre 2018 a 2019 no município de Monte Carmelo, MG.

O germoplasma utilizado faz parte do programa de melhoramento genético de tomateiro da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo. As linhagens foram obtidas seguindo o método genealógico até a quinta autofecundação entre 2014-2017. O solo onde o experimento foi realizado apresenta as seguintes características pH (H₂O) = 5,9; P disponível = 30,1 mg dm⁻³; K = 0,22; Ca⁺² = 2,8 cmolc dm⁻³; Mg = 1,0 cmolc dm⁻³; H + Al trocável = 3,40 cmolc dm⁻³; matéria orgânica = 4,2 dag kg⁻¹; Índice SMP = 3,40; Alumínio = 0,0 cmolc dm⁻³; CTC pH 7,0 = 7,42 cmolc.dm⁻³; saturação por bases = 54 %; Saturação efetiva por Alumínio = 0%; Cobre = 2,3 mg dm⁻³; Zinco = 6,6 mg dm⁻³ e Manganês = 6,6 mg dm⁻³. A semeadura das 16 linhagens foi realizada em bandejas de poliestireno de 200 células. As bandejas foram acondicionadas em casa de vegetação do tipo arco, com dimensões de 7 x 21 m e pé direito de 4 m coberta com filme de polietileno transparente de 150 micra, aditivado contra raios ultravioleta e cortinas laterais de tela branco anti-afídeo.

Decorridos 30 dias da semeadura, as mudas foram transplantadas para vasos e continuarão em casa de vegetação. O espaçamento utilizado foi de 1,5 m entre linhas e 0,22 m entre plantas sendo as plantas cultivadas em fileira simples de forma tutorada. Cada parcela experimental apresentava 5,28 m², composta por 16 plantas sendo avaliadas as 12 plantas centrais. Durante toda a condução do experimento os tratos culturais foram realizados conforme preconizado para a cultura do tomateiro.

O controle de pragas foi realizado mediante monitoramento e somente aplicado defensivo químico quando necessário. A irrigação foi realizada diariamente, fracionada em três ou quatro aplicações de acordo as necessidades das plantas. Foram obtidas as seguintes informações:

a) Obtenção de imagens digitais antes do processamento: realizado com 30, 60, 80 e 90 imagens com o mesmo procedimento (360° em relação a cada linhagem). As fotos foram tiradas com cerca de um metro de distância nas posições terço inferior, terço médio e terço superior

b) Resultado do processamento das imagens. As fotos foram obtidas por uma câmera digital Sony Cybershot (14MP) e processadas pelo software Pixel for D.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As obtenções de imagens digitais realizadas através de 30 e 60 fotos, foram capazes de gerar a reconstrução da planta, porém não foram suficientes para formar imagens digitais de qualidade e com abundância de detalhes. Sendo a de 60 fotos superior à de 30 fotos. Com o aumento da quantidade de fotos tiradas para a reconstrução, há também o aumento da qualidade da imagem e fidelidade das informações que podem ser extraídas, o que é de extrema importância para a seleção dos genótipos no banco de germoplasma. As características da planta devem ser completamente retratadas na imagem para que o melhorista encontre as características de interesse desejadas na produção de um novo híbrido. As fotos foram tiradas 360 graus em espiral no entorno da planta, para que fossem capturadas todas as informações presentes (Figura 1 e 2).

A reconstrução tridimensional da planta foi satisfatória para as imagens geradas a partir de 80 e 90 fotos, produzindo imagens que transmitem as características e particularidades do genótipo. Com elas é possível identificar a aptidão sem inconstâncias de informações, sendo assim, determinar valores de desempenho em diferentes ambientes e selecionar o genótipo.

As análises produzidas em laboratório não anulam a necessidade de testar as plantas em condições de campo. Segundo o pesquisador Carlos Souza, da Embrapa Agroenergia, não existem técnicas que substituam a avaliação a campo em programas de melhoramento genético. Porém, a fenotipagem de alta precisão aceita a seleção dos melhores materiais ainda em casas de vegetação, reduzindo o tempo e a mão de obra para os estudos no campo (MORAIS, L; 2014). O tempo de extração e processamento das imagens em todos os tratamentos foi de duas horas.

O uso da captura de imagens tem a vantagem de explorar áreas grandes, permitindo maiores números de repetições e a segurança do operador. Pois é uma técnica não invasiva e rápida, que promove informações precisas e tem baixo custo (SOUSA; 2014). A fenotipagem por imagem pode ser usada para determinar os valores qualitativos e quantitativos dos genótipos e relacionar com seu desempenho em determinado ambiente. (DHONDT; WUYTS; INZÉ; 2013). A ferramenta viabiliza, por exemplo, aplicar duas imagens, destacando diferenças muito imperceptível entre plantas que se desenvolveram em condições normais e outras com deficiências hídricas por exemplo. Assim, é provável adiantar a seleção dos indivíduos mais promissores. Economizando tempo, existe também outra vantagem que é a preservação de

amostras. Além disso, métodos convencionais exigem a destruição das plantas, o que fica difícil de acompanhar o desenvolvimento de todo o seu ciclo de vida (MORAIS, L; 2014).

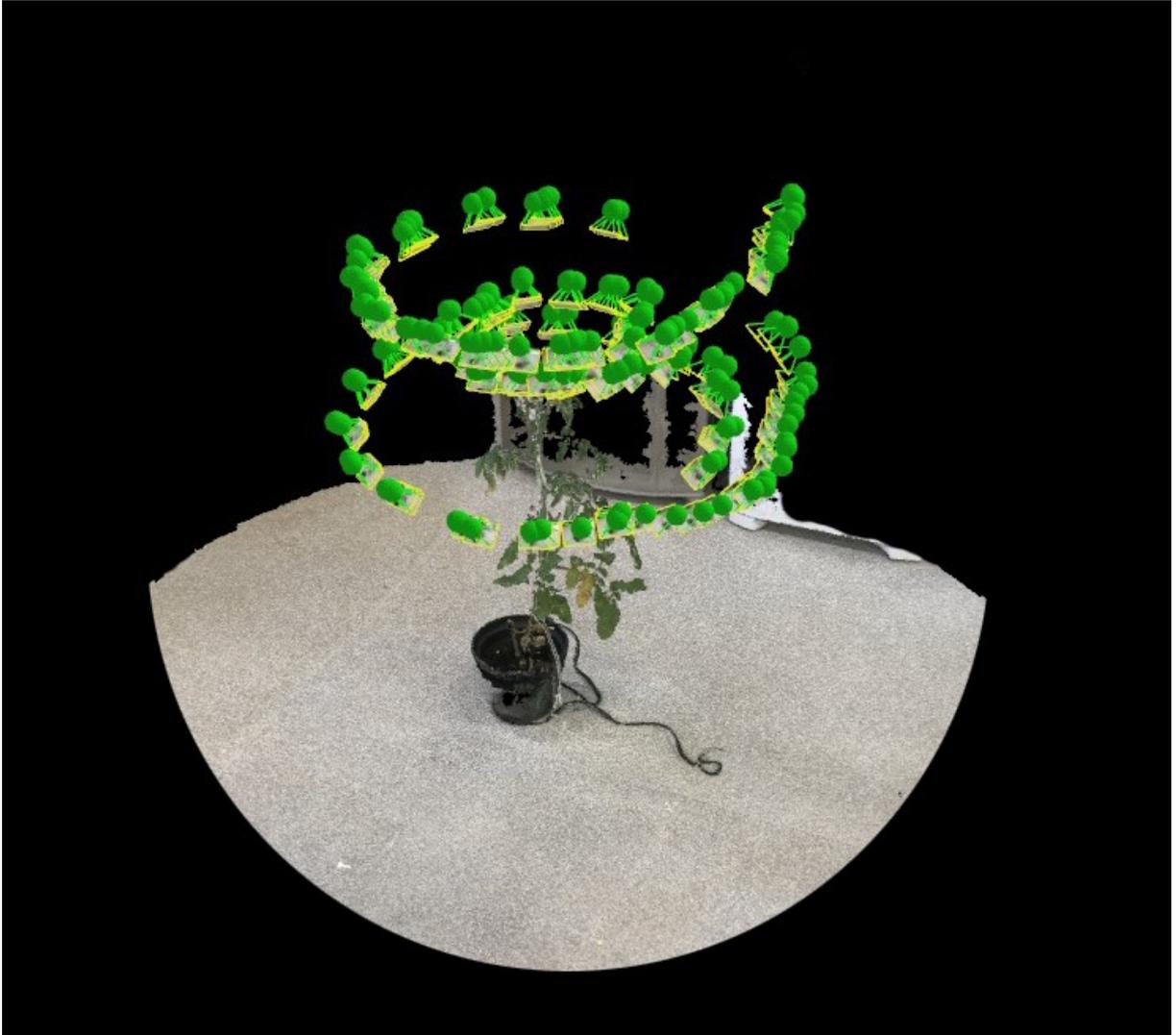
Desde os modelos em 3D, consegue-se avaliar dados como área foliar, volume, número de folhas, ângulo de inserção das folhas, área projetada da parte aérea, formato de fruto, números de frutos, entre outras informações (SOUSA; 2014). Outro benefício dessa técnica é que os cientistas buscam conservar um modelo virtual da planta em qualquer estágio do desenvolvimento, proporcionando avaliações futuras das medidas relacionadas ao crescimento (PENA et. al 2010).

Com uma câmera digital, é possível capturar imagens em diferentes posições ao redor da planta. Para se determinar a posição da câmera no espaço 3D, essas imagens são feitas através de técnicas de estimação estatística e geometria projetiva, junto com a localização tridimensional dos diversos pontos na superfície da planta. Além disso, aplicando as técnicas de visão estéreo, restaura-se a estrutura tridimensional da planta. Por fim, sobre a técnica de visão estéreo, significa que várias fotografias obtidas são reunidas para formar uma única imagem, como da mesma maneira que os olhos humanos criam imagens tridimensionais de qualquer objeto (SOUSA; 2014).

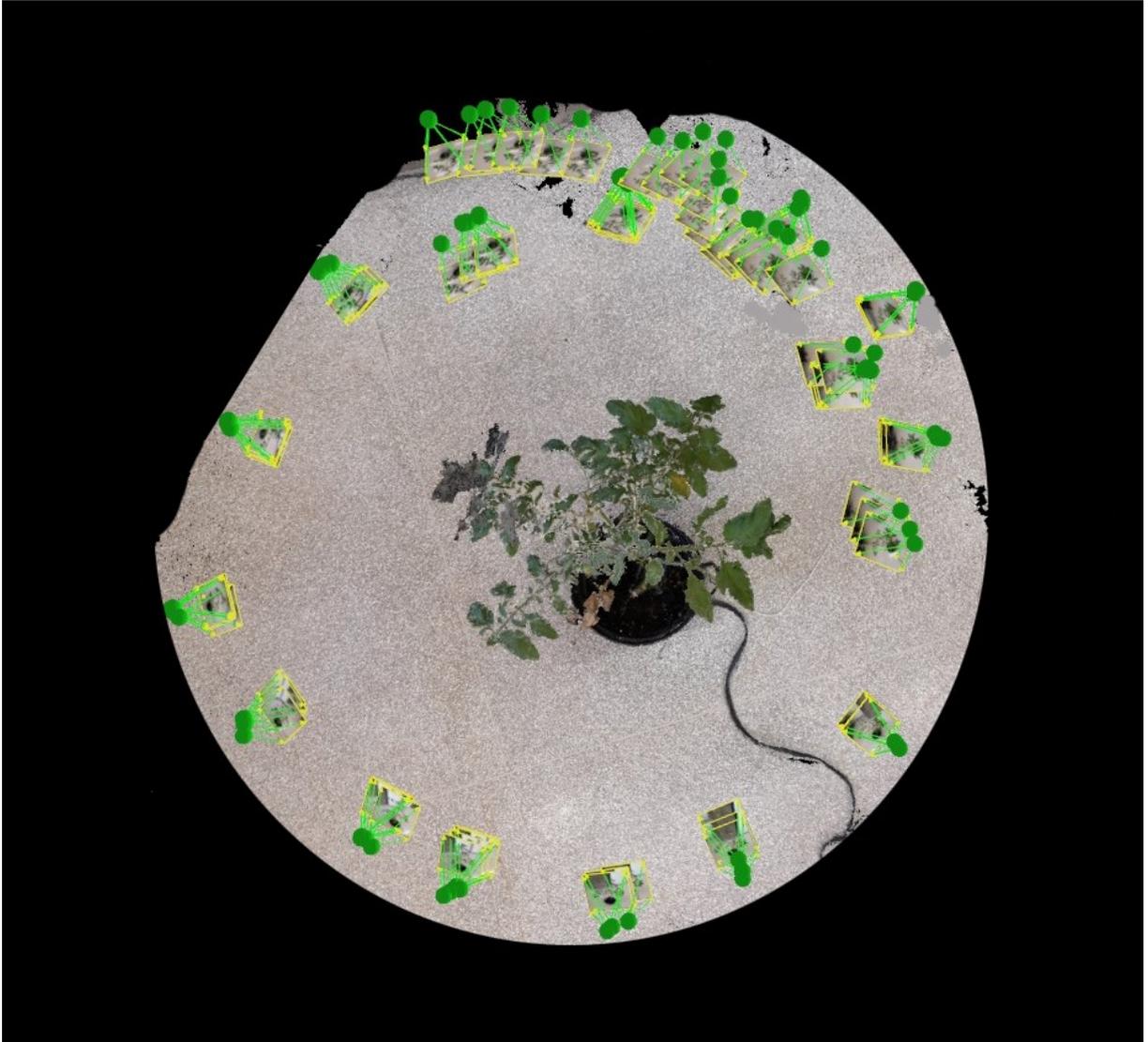
Apesar das imagens obtidas pela captura através de 30 e 60 fotos não serem suficientes para obtenção de imagens digitais com qualidade e detalhes, visando uma gama de informações que podem ser extraídas com fidelidade à planta, a reconstrução feita pelas imagens geradas a partir de 80 e 90 fotos foram eficazes para transmitir as características do genótipo além de determinar valores de desempenho divergentes dependendo do ambiente. Com isso, a criação de um modelo 3D se mostra eficaz para a criação de um banco de germoplasma que consiga armazenar as peculiaridades e características em qualquer estágio de desenvolvimento.

O intuito é construir um banco de dados digital junto ao banco de germoplasma, com características e informações que definem o crescimento da planta. Com essa atualização do banco de germoplasma, é possível avaliar o genótipo que se deseja utilizar sem semeá-lo, visualizar se há ou não as características de interesse do melhoramento, avaliar os diferentes estádios de desenvolvimento, entre outras informações uteis. Isso possibilita ao melhorista, um ganho de tempo e um melhor planejamento do programa de melhoramento, com escolhas mais assertivas e conseqüentemente um melhor produto final. Portanto se torna uma ferramenta importante na fenotipagem e um suporte essencial nos programas de melhoramento.

Figura 1- Vista Frontal



Fonte: Elaboração própria; 2019

Figura 2- Vista Superior

Fonte: Elaboração própria; 2019

7 CONCLUSÃO

Métodos fenotípicos modernos estão trazendo novas formas para avaliar o desempenho das plantas e buscar novas características para o melhoramento genético. A reconstrução tridimensional da estrutura das plantas a partir de imagens digitais é uma técnica que pode apoiar a fenotipagem, tal abordagem pode atenuar o tempo entre a pesquisa laboratorial e sua introdução no campo além de apresentar dados complexos como cor, formato fruto, forma de folhas e número de cachos. As imagens podem ser acessadas por meio de bancos de dados digitais.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, S.S; CARVALHO, J.M.F.C; SILVA, M.A. **Preservação e Intercâmbio de Germoplasma**. EMBRAPA. 2008. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/278120/preservacao-e-intercambio-de-germoplasma>> Acesso em: 20 fev. de 2020
- BOITEUX, L.S; MELO, P.C.T; VILELA, N.J. **Setor agroindustrial de tomate no Brasil: Ameaças e perspectivas**. ABCSEM. Disponível em: <https://www.abcsem.com.br/noticias/1986/setor-agroindustrial-de-tomate-no-brasil-ameacas-e-perspectivas>. Acesso em: 10 jun. de 2019.
- BORÉM, A.; MILACH, S.C.K. **O melhoramento de plantas na virada do milênio**. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento. v. 7, p. 68-72, jan./fev, 1999.
- CAMARGO, A. M. M. P. et al. **Desenvolvimento do sistema agroindustrial de tomate**. Informações Econômicas. São Paulo, v. 36, n. 6, p. 53-65, jun, 2006.
- COSTA, F. R.; et al. **Marcadores RAPD e caracteres morfoagronômicos na determinação da diversidade genética entre acessos de pimentas e pimentões**. Ciência Rural. Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 696-704, 2009.
- DHONDT, S.; WUYTS, N.; INZÉ, D. **Cell to whole-plant phenotyping: the best is yet to come**. Trends in Plant Science. vol. 18, s.n, p. 428-439, 2013.
- DUSI, A. N.; et al. **A cultura do tomateiro (para mesa)**. EMBRAPA. 1993. Disponível em:<www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=749965&biblioteca=vazio&busca=749965&qFacets=749965&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1> Acesso em: 20. fev. de 2020.
- DUTRA, S.M.F. **Análise multivariada para caracterização e divergência de genótipos e correlação entre caracteres em milho**. 2018. Tese de doutorado em Agronomia. Universidade Estadual do Estadual Paulista, Jaboticabal, 2018.
- FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M. de; REIS JUNIOR, F. B. dos. **Recursos genéticos: conservação, caracterização e uso**. Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária. Planaltina, DF. cap. 17, p.511-550, 2011.
- FAOSTAT. fao, 2018. Disponível em:< <http://www.fao.org/faostat/en/#home>> Acesso em: 15 jan de 2021
- FERNANDES; A. A et al. **Cultivo sucessivo de plantas de tomate oriundas de sementes e propagação vegetativa em sistema hidropônico**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v. 42, n. 7. p. 1013- 1019, jul, 2007.
- FILGUEIRA; F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008.
- FILHO, W. P. C et al. **Evolução da produção de tomate no Brasil**. Agricultura em São Paulo. São Paulo, v. 41, p. 41-69, 1994.
- GOULD. W. A. **Tomato production, processing & technology**. Baltimore: CT1 publications. 1992.
- HALLAUER. A.R.; CARENA. M.J; MIRANDA. J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 1988. p.375-396.

IBPGR. **Elsevier's dictionary of plant genetic resources**. Roma: International Board for Plant Resources, 1991.

IBGE. 2018. **Estatística mensal da Produção Agrícola, Levantamento Sistemático da Produção**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=downloads>.> Acesso em: 15 mai. de 2019.

JUNIOR, F. P. B. **Produção de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) reutilizando substratos sob cultivo protegido no município de Iranduba-AM**. 2012. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.

MATSUDA, O; et al. **Hyperspectral imaging techniques for rapid identification of *Arabidopsis* mutants with altered leaf pigment status**. *Plant and Cell Physiology*. 2012. P 1154-1170.

MORAIS, L. **Novas rotas para o melhoramento de plantas**. XXI Ciência para a vida. Brasília, DF. ed 8. p 36-46. 2014

NETO; R. S. **O mercado de tomate em Goiás: estudo sobre o comportamento da cadeia e a evolução da atividade produtiva no setor in natura**. Dissertação de Mestrado em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.

NEITZKE, R. S.; et al. **Dissimilaridade genética entre acessos de pimenta com potencial ornamental**. *Horticultura Brasileira*, Pelotas, vol.28, n.1, p. 47-53, 2010.

PENA, M.A.A; et al. **Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de tomateiro sob cultivo em solos de terra firme e várzea da Amazônia infestados por *Ralstonia solanacearum***. Redalyc. 2010. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90816030005>.> Acesso em: 13 jan de 2020.

REYNOLDS, M.P; et al. **Evaluation of physiological traits to complement empirical selection for wheat in warm environments**. *Euphytica*. v 100, 1998. p 85-94.

SADRAS, V.O; REBETZKE, G.J; EDMEADE, G.O. **The phenotype and the components of phenotypic variance of crop traits**. *Field Crops Research*. v 154, 2013. p 255-259.

SALOMÃO, A. N. **Manual de curadores de germoplasma - vegetal: glossário**. (Documentos/ Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 326). Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 14 p, 2010.

SANTOS, P. H. dos. **Método de extração de micronutrientes em substratos para as plantas**. Dissertação de Mestrado em Pós Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical. Instituto Agrônomo de Campinas. Gestão de Recursos Agroambientais. Campinas. P 78. 2005

SELEGUINI, Alexander. **Híbridos de tomate industrial cultivados em ambiente protegido e campo, visando produção de frutos para mesa**. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira. p 56. 2005.

SILVA, D.J.H.; MOURA, M.C.C.L.; CASALI, V.W.D. **Recursos genéticos do banco de germoplasma de hortaliças da UFV: Histórico e expedições de coleta**. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 19, n. 2, p. 108-114, julho 2001.

SOUSA, C. A. F. de. **Fenotipagem de Plantas: as novas técnicas que estão surgindo para atender aos desafios atuais e futuros.** EMBRAPA. 2014 Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/115771/1/Fenotipagem.pdf>> Acesso em: 15 abr. de 2019.

SOUSA, C.A.F. Fenotipagem de Plantas: uma nova abordagem para um velho problema. **EMBRAPA.** 2014. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105172/1/cot06.pdf>> Acesso em: 15, mar 2021.

SOUSA, C.A.F; et al. **Nova abordagem para a fenotipagem de plantas: conceitos, ferramentas e perspectivas.** Revista Brasileira de Geografia Física. v 08, 2015. p 660-672.

SOUZA. A. S; et al Preservação de germoplasma vegetal, com ênfase na conservação in vitro de variedades de mandioca. **EMBRAPA.** 2009. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/711805/preservacao-de-germoplasma-vegetal-com-enfase-na-conservacao-in-vitro-de-variedades-de-mandioca>> Acesso em: 4 fev. 2021.

TILMAN, D; et al. **Global food demand and the sustainable intensification of agriculture.** Proceedings of the National Academy of Sciences of USA 108. 2011. p 20260-20264

VEIGA, R. F. de A. **Bancos de germoplasma.** 2008. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/237091374_Bancos_de_Germoplasma.> Acesso em: 03 mai. 2020

VIEIRA, M. L. C. **Conservação de germoplasma in vitro.** Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento. Brasília, D.F., v. 3, n. 14, 2006. p. 18-20.

WALTER, A., LIEBISCH, F., HUND, A. **Plant phenotyping: from bean weighing to image analysis.** Plant Methods. v 11, 2015. p 14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13007-015-0056-8>