UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

POLITON THIAGO PEREIRA GUEDES

CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE RAÍZES DE CLONES DE BATATA-DOCE DE POLPA ALARANJADA, BRANCA E CREME

Botucatu

2021

POLITON THIAGO PEREIRA GUEDES

CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE RAÍZES DE CLONES DE BATATA-DOCE DE POLPA ALARANJADA, BRANCA E CREME

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Horticultura).

Orientador: Prof. Dr. Adalton Mazetti Fernandes

Coorientadora: Prof.ª Dra. Magali Leonel

Botucatu
2021

G924c

Guedes, Politon Thiago Pereira
Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de clones de batata-doce de polpa alaranjada, branca e creme / Politon Thiago Pereira Guedes. -- Botucatu, 2021
72 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu
Orientador: Adalton Mazetti Fernandes
Coorientadora: Magali Leonel

1. Amido. 2. Caracterização. 3. Ciclo produtivo. 4. Genótipos. 5. Taxa de crescimento. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE RAÍZES DE CLONES DE BATATA-DOCE DE POLPA ALARANJADA, BRANCA E CREME

AUTOR: POLITON THIAGO PEREIRA GUEDES
ORIENTADOR: ADALTON MAZETTI FERNANDES
COORIENTADORA: MAGALI LEONEL

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ADALTON MAZETTI FERNANDES (Participaçao Virtual)
Centro de Raízes e Amidos Tropicais / Universidade Estadual Paulista - UNESP

Prof. Dr. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO (Participaçao Virtual)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP

Prof. Dr. PABLO FORLAN VARGAS (Participaçao Virtual)
Agronomia / UNESP - Câmpus de Registro/SP

Botucatu, 10 de setembro de 2021

Aos meus amados e queridos pais,

Geni Pereira Guedes “Capitão Tota” e

Maria José de Oliveira Guedes “Dona Maria”.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus e a Nossa Senhora Aparecida que me guiaram, acolheram e me proporcionaram muitas alegrias nesse período que se finda.

Aos meus pais, Geni Pereira Guedes *"in memoriam"* e Maria José de Oliveira Guedes, que sempre acreditaram, fomentaram e incentivaram os meus sonhos.

Aos meus queridos irmãos Petrônio "Pepeu", Gerison "Gersinho", Petrúcio "Tuxinha" e Paulo César " Paú ".

Ao meu orientador Prof.º Dr. Adalton Mazetti Fernandes, pela dedicação, compreensão e ensinamentos, que foram fundamentais para o desenvolvimento tanto da dissertação quanto do meu crescimento acadêmico, profissional e pessoal.

A minha Coorientadora Prof.ª Dra. Magali Leonel, por estar sempre presente.

À Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho" e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Horticultura), pela oportunidade de realização do mestrado e figuro o meus agradecimentos ao coordenador do Programa Marco Antonio Tecchio e demais professores credenciados ao Programa.

Ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT) por disponibilizar a estrutura necessária para a realização dessa e demais pesquisas.

Aos funcionários e amigos do Cerat, Luiz Henrique Urbano, Elder Mattos, Delba Rodrigues, Pamela Calisto, Juliana Eburneo, Danilo Rosa, Dicão, Fabio e Ariovaldo pelo apoio, convivência e amizade.

Aos meus amigos da pós–graduação, Victória Monteiro, Camila Vella, Nicholas Nordi, Beatriz Lívero, Eduardo Aires, Thatiane Nepomuceno, Raíra Pelvine, Rudieli Machado, Alana Pontes, Valkíria Piroli, Ricardo Tajra, Jéssica Aparecida, Nathalia Ribeiro, Gyslane Garreto, Amanda Rithieli, Amanda Nunes, Jason Geter, André Zoz, Laura Ribera, Fabricio Palla, Andrew Kim, Patricia Versuti, Ana Rodrigues, Sayuri Noda, Jorgiani de Ávila e a todos os demais companheiros da pós pelo auxilio prestado durante a realização deste e de outros projetos e pela grande amizade e respeito criada por nós durante este período, não tenho palavras para agradecer o quanto vocês são importantes na minha vida.

Aos meus amigos irmãos Bruno Franco, Lucas dos Anjos, Stive Diogo, Mauricio Siqueira, Robério Junior, Nicole Fischer, Patrícia Aparecida, Patrícia Milani, Jefferson Martins, Ieoschua Katz, Yamilia Tolon, Fernando Mendes, Lucas Gomes, Marcelo Dotti, João Vieira, Mirina Myczkowski, Julian Jones, Ramiro Iglesias, pessoas que tanto admiro e respeito, mesmo de longe sempre me incentivaram para nunca desistir dos meus objetivos.

E a todos que de maneira direta ou indiretamente contribuíram na realização desse trabalho, os meus sinceros agradecimentos!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

“QUANDO EU PENSAR QUE APRENDI A VIVER, TEREI APRENDIDO A MORRER”.

Leonardo di Ser Piero “da Vinci” (1452-1519)

RESUMO

A batata-doce *(Ipomoea batatas (L.) Lam.)* é uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil. Contudo, existem poucas cultivares de batata-doce disponíveis para o agricultor brasileiro e, na maioria das vezes, não existem muitas informações sobre a dinâmica de crescimento, bem como sobre a qualidade das raízes tuberosas dessa espécie. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de biomassa durante o ciclo produtivo, a produtividade e a qualidade das raízes tuberosas de genótipos de batata-doce de polpa alaranjada, branca e creme. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso no esquema de parcela subdividida, com quatro repetições. As parcelas foram representadas pelos genótipos de batata-doce (Canadense, BRS Rubissol, 1358, 1365 e Princesa). As subparcelas foram representadas pelas épocas de coleta de plantas que ocorreram aos 25, 40, 55, 70, 90, 105, 120, 135, 150 e 165 dias após o plantio (DAP). Os genótipos 1365 e 1358 atingiram a máxima produtividade aos 120 DAP, enquanto no genótipo Canadense a máxima produtividade comercial ocorreu aos 165 DAP. Em termos de qualidade, o genótipo BRS Rubissol apresentou maior concentração de amido e menor concentração de fibras nas raízes tuberosas, demonstrando potencial para uso industrial. O genótipo Princesa apresentou maior massa média de raízes tuberosa entre os genótipos analisados. Os genótipos BRS Rubissol e Canadense apresentaram os maiores acúmulos de MS na planta inteira entre os 120 e 165 DAP. Os genótipos 1365 e 1358 foram mais precoces e estabilizaram o acúmulo de MS na planta inteira a partir dos 120 DAP. O genótipo Princesa obteve valores intermediários de acúmulo de MS na planta inteira em todas as épocas de coleta.O genótipo Canadense obteve a maior produtividade comercial, seguidos pelos genótipos BRS Rubissol e Princesa. O genótipo 1365 se mostrou precoce ao apresentar raízes tuberosas aos 40 DAP, mas aos 165 DAP não deferiu do genótipo Canadense e BRS Rubissol na produtividade total.A cultivar BRS Rubissol apresentou maiores teores de matéria seca, proteína e amido nas raízes tuberosas. Nos genótipos de 1365 e 1358 os teores de açúcares totais aumentaram até próximo do final do ciclo e foram maiores do que nos clones Canadense e Princesa, o que indica que os genótipos de polpa alaranjada apresentam raízes tuberosas mais adocicadas e agradáveis para o consumo *in natura*.

Palavras-chave: *Amido, Caracterização, Ciclo produtivo, Genótipos, Taxa de crescimento.*

ABSTRACT

Sweet potato (*Ipomoea batata* (L.) Lam.) is one of the main vegetable crops grown in Brazil. However, there are few sweet potato cultivars available to the Brazilian farmer. In most cases, there is not much information about the growth dynamics and the quality of the storage roots of this species. Thus, the objective of this work was to evaluate the biomass accumulation during the productive cycle, storage root yield, and the quality of storage roots of sweet potato genotypes with cream, orange, and white pulp. The experimental design used was randomized blocks in a split-plot scheme, with four replications. The plots were represented by the sweet potato genotypes (Canadense, BRS Rubissol, 1358, 1365, and Princesa). The subplots were represented by the plant sampling times that occurred at 25, 40, 55, 70, 90, 105, 120, 135, 150, and 165 days after planting (DAP). It was found that the 1365 and 1358 genotypes reached the maximum root yield at 120 DAP, while the Canadense genotype had the maximum commercial yield at 165 DAP. In terms of quality, the BRS Rubissol genotype showed higher starch concentration and lower fiber concentration in storage roots, showing potential for industrial use. The Princesa genotype had the highest storage root mean weight among the analyzed genotypes. The BRS Rubissol and Canadense genotypes showed the highest accumulations of DM in the whole plant between 120 and 165 DAP. Genotypes 1365 and 1358 were earlier and stabilized the accumulation of DM in the whole plant from 120 DAP. The Princesa genotype obtained intermediate values of DM accumulation in the whole plant at all sampling times. The Canadense genotype had the highest commercial yield, followed by the BRS Rubissol and Princesa genotypes. The 1365 genotype did not differ from the Canadense genotype in terms of total yield, but due to its small roots it had the lowest commercial yields. The BRS Rubissol genotype had higher dry matter, protein and starch contents in tuberous roots. In the 1365 and 1358 genotypes, the total sugar contents increased until near the end of the cycle and were higher than in the Canadense and Princesa genotypes, which indicates that the orange pulp genotypes have sweeter and more pleasant tuberous roots for fresh consumption .

Key-words: *Starch, Description, Productive cycle, Genotypes, Growth rate.*

Lista de Tabelas

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental na profundidade de 0-0,20 m. Média de quatro repetições.....35

Tabela 2. População final de plantas, número total e comercial de raiz por planta, massa média das raízes, produtividade total, comercial e porcentagem de produtividade comercial de cinco genótipos de batata-doce no momento da colheita final(165 DAP).....55

Tabela 3. Distribuição da produtividade de raízes tuberosas de cinco genótipos de batata-doce por padrão de classe das raízes no momento da colheita final (165 DAP).....56

Lista de Figuras

Figura 1. Precipitação pluvial (barras), temperatura mínima (linha fina) e temperatura máxima diária (linha grossa) durante a condução do experimento em Botucatu/SP.....32

Figura 2. Levantamento das leiras de plantio (a) e a adubação de plantio no topo das leiras (b).....35

Figura 3. Plantio das ramas na área experimental da Fazenda Lajeado-Botucatu/SP.....36

Figura 4. Planta inteira de batata-doce (parte aérea + raízes) lavada e exposta para caracterização (a), raízes tuberosas do clone 1365 aos 40 DAP (b), e rama principal do clone 1358 aos 40 DAP (c).....37

Figura 5. Número de folhas por planta (a) e área foliar (b) de cinco genótipos de batata-doce durante o ciclo de desenvolvimento. * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).....43

Figura 6. Acúmulo de matéria seca (MS) nas folhas (a), caules (b), raízes absorventes (c), raízes tuberosas (d) e na planta inteira (e) de cinco genótipos de batata-doce durante o ciclo de desenvolvimento. ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).....45

Figura 7. Taxas de crescimento absoluto das plantas (TCA) (a) e das raízes tuberosas (TCART) (b) de cinco genótipos de batata-doce durante o ciclo de desenvolvimento. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).....47

Figura 8. Taxa de crescimento relativo (TCR) (a), taxa assimilatória liquida (TAL) (b), área foliar específica (AFE) (c), razão de área foliar (RAF) (d) e razão de massa foliar (RMF) (e) de cinco genótipos de batata-doce durante o ciclo de desenvolvimento. * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).....49

Figura 9. Número total (a) e comercial (b) de raízes tuberosas por planta e massa média das raízes tuberosas (c) de cinco genótipos de batata-doce durante o ciclo de desenvolvimento. * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05)..... 52

Figura 10. Produtividade total (a) e comercial (b) de raízes tuberosas de cinco genótipos de batata-doce durante o ciclo de desenvolvimento. ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).....54

Figura 11. Teores de matéria seca (MS) (a), cinzas (b), fibras (c) e proteínas (d) nas raízes tuberosas de cinco genótipos de batata-doce durante o ciclo de desenvolvimento. * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).....58

Figura 12. Teores de açúcares redutores (a), açúcares totais (b), e amido (c) nas raízes tuberosas e produtividade de amido (d) de cinco genótipos de batata-doce durante o ciclo de desenvolvimento. * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).....60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 21

2 REVISÃO DE LITERATURA..... 23

2.1 Cultura da batata-doce..... 23

2.2 Qualidade das raízes..... 25

2.3 Análise de crescimento..... 28

3 MATERIAL E MÉTODOS..... 32

3.1 Localização da área experimental..... 32

3.2 Genótipos utilizados..... 33

3.3 Delineamento experimental e tratamentos..... 34

3.4 Instalação e condução do experimento..... 34

3.5 Coleta das plantas e preparo das amostras..... 36

3.6 Avaliações..... 37

3.6.1 Número de folhas por planta área foliar..... 37

3.6.2 Acúmulo de matéria seca (MS)..... 38

3.6.3 Índices fisiológicos..... 38

3.6.4 Número de raízes tuberosas por planta e massa média das raízes..... 39

3.6.5 Produtividade e classificação das raízes tuberosas..... 40

3.6.6 Parâmetros de qualidade das raízes tuberosas..... 40

a) Teor de matéria seca..... 40

b) Teor de cinzaz..... 40

c) Teor de fibras..... 41

d) Teor de proteína..... 41

e) Teores de açúcar redutor, açúcar total e amido..... 41

3.6.7 Produtividade de amido..... 42

3.7 Análise estatística..... 42

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 43

4.1 Crescimento e acúmulo de matéria seca (MS).....43

4.2 Componentes de produção e produtividade.....51

4.3 Parâmetros de qualidade das raízes tuberosas.....56

5 CONCLUSÕES.....63

REFERÊNCIAS..... 64

1 INTRODUÇÃO

A batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] é uma das culturas alimentares mais importantes do mundo em termos de consumo humano, principalmente nos continentes Asiático e Africano (CIP, 2019). A China, nos últimos anos, se consolidou como a maior potência produtora de batata-doce do mundo. Em 2019, a China colheu 51,8 milhões de toneladas, ou seja, 56,4% da produção mundial (FAO, 2020). O Brasil tem pouca relevância no cenário global, sendo que no ano de 2019 o país produziu apenas a 0,88% da produção mundial de batata-doce (SIDRA, 2020).

A produção de batata-doce no Brasil, em 2019, foi de 805 mil toneladas, com destaque para os estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Ceará e Paraná que produziram aproximadamente 58% do total colhido no país (SIDRA, 2019).

A produtividade média nacional de batata-doce em 2019 foi de 14 t ha^{-1}, mas em estados como Mato Grosso e Paraná as médias foram de 32,8 e 23,3 t ha^{-1}, enquanto que no Maranhão e Piauí a produtividade média não ultrapassou 2,7 e 5,7 t ha^{-1}, respectivamente (SIDRA, 2020).

No estado de São Paulo, entre os anos de 2015 e 2019, houve um aumento aproximado de 35,7% na área plantada, chegando a 8,7 mil hectares e uma produtividade média de 17,7 t ha^{-1} (SIDRA, 2020). Em 2019, o estado produziu cerca de 140 mil t, ou seja, 17,5 % da produção nacional (IEA, 2019; SIDRA, 2020). Nos últimos anos vários aspectos favoreceram o aumento da área plantada, tais como: 1) novos cultivares com boa produtividade, 2) resistentes a pragas e doenças, 3) melhoria dos preços e 4) aumento da demanda no mercado interno e externo.

O Brasil exportou, em 2020, 11.910 toneladas de batata-doce, sendo que o estado de São Paulo foi o maior exportador com 53,6% do montante, cujos principais destinos foram Argentina, Holanda, Uruguai e Reino Unido (AGROSTAT, 2021). Com esse aumento na demanda de batata-doce pelo mercado consumidor durante os últimos anos, existe potencial para introdução de novos cultivares de batata-doce no dia-a-dia do brasileiro com características distintas, tais como as raízes de polpa alaranjada, branca, creme e roxa.

As batatas-doces de polpa alaranjada vêm ganhando destaque nos últimos anos tanto pelo aspecto físico das raízes que são mais uniformes, com massa média de 150 a 300 gramas, bem como pelo alto teor de nutrientes, vitaminas A e C, e por ser um alimento rico em fibras. A batata-doce alaranjada se enquadra no programa

de alimentos biofortificados onde encontram-se alguns genótipos em que na porção de 100 g há 10 vezes mais pró-vitaminas A comparadas as batatas-doces de polpa creme ou branca (LOW et al., 2000; LIMA, 2016).

A batata-doce de polpa creme e casca rosada são as mais produzidas e consumidas no estado de São Paulo (IEA, 2020). O genótipo Canadense se destaca nesse cenário, pois tem uma excelente produtividade média de 25 t ha^{-1} (NUNES, 2019; GUEDES et al., 2020). As batatas de pele e polpa esbranquiçada tem a tendência de ter uma maior quantidade de amido e menor quantidade de açúcares. Brotherhood (2017) explica que ambas as cores de polpa são fontes de vitaminas do complexo B, C e D; porém, na batata doce de casca rosada é possível encontrar uma quantidade maior desses nutrientes principalmente na casca. Miranda et al., (1995) descreve que ambas tem valores iguais de calorias, proteínas, gorduras, carboidratos, cálcio, fósforo e ferro quando analisados 100g de massa fresca de raízes.

No entanto, poucos são os estudos comparando a dinâmica de crescimento, a produtividade e a qualidade das raízes de diferentes genótipos de batata-doce de polpa creme, alaranjada e branca. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de biomassa durante o ciclo, a produtividade e a qualidade das raízes tuberosas de clones de batata-doce de polpa creme, alaranjada e branca.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da batata-doce

A batata-doce [*Ipomoea batatas* L.(Lam.)] tem a sua origem na América Central e do Sul (MONTES, 2013). Hoje em dia as raízes tuberosas da batata-doce são cultivadas em todos os continentes e está na lista dos 10 alimentos mais produzidos no mundo (FAO, 2020).

No Brasil, a batata-doce tem grande importância econômica e social. Por se tratar de uma cultura de fácil propagação, a batata-doce é cultivada no Brasil de Norte a Sul e de Leste ao Oeste. Entre 2015 e 2019 a área plantada com batata-doce aumentou em 28,5%, chegando a 57.486 ha^{-1}, enquanto a produção nacional cresceu 35,3% atingindo 780 mil toneladas (SIDRA, 2020).

A procura pelas raízes tuberosas de batata-doce vem crescendo nos últimos anos. Além do consumo *in natura*, novos produtos como batata palha, chips, farinhas e suplementos vem ganhando espaço, até mesmo na pauta de exportação o produto vem ganhando espaço. Segundo Gottems (2017), o Brasil vem se destacando no mercado internacional, mas ainda bem distante dos “players” desse mercado que são os Estados Unidos e Holanda. Nos últimos anos, o Brasil vem crescendo nas exportações de batata-doce sendo que em 2018 foram exportadas 9,7 e em 2020 11,9 mil toneladas, representando um crescimento de 22% na quantidade exportada para mais de 39 países, dentre os principais destinos estão a Holanda, Argentina, Reino Unido e Uruguai (AGROSTAT, 2019: AGROSTAT, 2021).

No Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), existem 32 cultivares registradas, tendo como mantenedores instituições de ensino e pesquisa como a Embrapa, Universidade Federal do Tocantins, IAPAR, EPAGRI e a Fepagro (MAPA, 2021). As cultivares brasileiras se diferenciam pelo potencial produtivo, ciclo, exigências edafoclimáticas, porte e arquitetura da planta, formato e coloração das raízes, resistência a pragas e doenças, exigência nutricional e em tratos culturais (EMBRAPA, 2008). Há variabilidade também na coloração da polpa e coloração da película externa (branca, creme, amarela, laranja, roxa) (CEAGESP, 2014). As raízes tuberosas podem ser redondas, redondas elípticas, ovadas, obovadas, oblongas, longas oblongas, longas elípticas, longas irregulares ou curvadas (HUAMÁN, 1991).

A *Ipomoea batatas* é uma planta dicotiledônea, pertencente a família Convolvulaceae, que agrupa aproximadamente 50 gêneros e mais de 1.000 espécies, mas apenas a batata-doce tem cultivo de expressão econômica (BARRERA, 1986; MONTES, 2013). A batata-doce é uma planta herbácea e perene. Seu hábito de crescimento é predominantemente prostrado, ou seja, tem o seu crescimento rasteiro que facilita o sistema de ramas se expandirem horizontalmente de forma acelerada sobre o solo e dependendo da cultivar podem ter outras classificações descritas como eretos, semieretos e muito prostrado (ECHER et al., 2015).

A época do plantio da batata-doce varia ao longo do país, pois está atrelada a condições locais (temperatura e chuvas) ou da cultivar (precocidade, vigor e tipo de planta) (MIRANDA et al., 1995). A batata-doce é uma hortaliça típica de período chuvoso e quente, sendo assim seu plantio nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste devem ocorrer nos meses de outubro a janeiro e para as regiões Norte e Nordeste o plantio deve ocorrer no início da estação chuvosa (MIRANDA et al., 1995; LEAL et al., 2001). Porém, quando se dispõe de irrigação o plantio da batata doce pode ocorrer em qualquer época do ano, com exceção de épocas onde a incidência de baixas temperaturas seja constante.

O método mais comum de plantio da batata doce é através de ramas com comprimento médio de 30 a 40 cm e contendo de seis a oito nós. Porém, o plantio também pode ser realizado por mudas propagadas em bandejas, utilizando mini-estacas com comprimento médio de 10 a 15 cm e contendo dois ou três nós, as quais normalmente são provenientes de plantas livres de vírus (MONTES, 2013). A técnica menos usual de propagação da batata doce é através do plantio das raízes tuberosas. As ramas são plantadas nas leiras no espaçamento de 25 a 30 cm entre plantas e utiliza-se o espaçamento entre leiras de 80 a 100 cm com leiras de altura de 30 a 35 cm (RÓS et al., 2015).

Para a implantação de uma lavoura comercial, a escolha da cultivar deve ser feita de maneira criteriosa, levando em consideração as características edafoclimáticas da região e as informações sobre as demandas do mercado em que o produto será escoado e os aspectos determinantes a serem considerados para a escolha de uma cultivar são as exigências de mercado, adaptação local e época de plantio, resistência a pragas e doenças, e potencial produtivo (EMBRAPA, 2008).

No estado de São Paulo a região de Presidente Prudente se destaca como um dos maiores polos produtores de batata-doce, juntamente com a região de Araçatuba, as quais representaram em 2019 aproximadamente 75% da produção do estado 97 mil toneladas (IEA, 2020). O genótipo Canadense vem se destacando nos últimos anos na produção paulista de batata-doce e substituindo genótipos tradicionais como Uruguaiana e Ligeirinha. O genótipo Canadense apresenta raízes de formato alongado e uniforme e boa produtividade em ciclos produtivos médios (150 a 180 dias) quando ela é plantada com material livre de vírus (MONTES, 2013).

Nos últimos anos a batata-doce vem se tornando uma alternativa viável no setor energético de produção de etanol combustível. Dependendo da variedade se produz até 200 litros de combustível com uma tonelada de raízes tuberosas e os resíduos do processo, podem ser usados como ração para animais. A Embrapa tem materiais com altas concentrações de amido, como as cultivares BRS Rubissol e BRS Cuia com 21,03 e 22,91% de amido na matéria fresca, respectivamente (RIZZOLO, 2014).

O crescimento da planta de batata-doce pode ser dividido em três fases fisiológicas, sendo que a primeira compreende o desenvolvimento vegetativo e vai do plantio aos 50 a 60 dias após o plantio (DAP), a segunda fase ocorre entre os 60 e 105 DAP e é caracterizada pelo desenvolvimento vegetativo e das raízes tuberosas, e por último a terceira e última fase que vai dos 105 a 120/180 DAP compreendendo a fase de grande produção e acúmulo de matéria seca nas raízes tuberosas (MOREIRA et al., 2004).

2.2 Qualidade das raízes

A batata-doce é um alimento energético, pois apresenta cerca de 35% de matéria seca que contém em média 85% de carboidratos, cujo componente principal é o amido. Se comparada com outras amiláceas, a batata-doce apresenta maiores teores de matéria seca, carboidratos, lipídios, cálcio e fibras do que a batata, mais carboidratos e lipídios do que o inhame e mais proteína do que a mandioca (MIRANDA et al., 1995; SILVA et al., 2008).

O ponto ideal de colheita da batata-doce é uma etapa importante para a comercialização e a vida de prateleira no mercado consumidor. Na região de Presidente Prudente os produtores realizam a colheita quando mais de 80% da área

plantada apresenta raízes tuberosas com massa entre 200 a 400 gramas, o que acontece através de pontos de amostragem (MONTES, 2013; ECHER et al., 2015).

Miranda et al. (1995) citam que a qualidade física das raízes tuberosas deve obedecer os seguintes critérios tais como ser lisa e de formato alongado e uniforme para ser classificada nas seguintes classes > 800 g (Diversos), 800 a 501 g (Graúda), 500 a 251 g (Extra A), 250 a 151 g (Extra) e de 150 a 80 g (Diversos). Já a Cartilha Técnica do CEAGESP (2017) classifica a qualidade física das batatas de casca amarela em 3 classes sendo elas: Extra A (> 450 g), Extra AA (150 a 450 g) e Extra (< 150 g). No caso das batatas de casca rosada a classificação ocorre em 3 classes sendo, Extra A (> 300 g), Extra AA (150 a 300 g) e Extra (< 150 g) (CEAGESP, 2017).

A qualidade dos alimentos está atribuída a fatores físicos (tamanho, forma, cor de casca e polpa) e fatores químicos e bioquímicos (pH, acidez, sólidos solúveis, açúcar, amido, fibra e umidade) (CHITARRA & CHITARRA, 1990; CHISTÉ et al., 2010).

O potencial hidrogeniônico (pH) e a acidez titulável (AT) são importantes para as determinações de deterioração do alimento, potencial de crescimento de microrganismos e atividade das enzimas (CECCHI, 2003). Para Franco (2001) o pH e a acidez titulável podem não variar em função das diferentes cultivares, manuseio na colheita e pós colheita.

Os teores de sólidos solúveis (SS) são utilizados para determinar os teores de açúcares que é o total de todos os sólidos dissolvidos em água, incluindo açúcar e proteínas, e usualmente é medido em ºBrix (escala numérica) (SILVEIRA, 2011). Para Santos (2015), o teor de açúcar pode vir a variar com grau de maturação da raiz e tempo de armazenamento.

O amido é o principal carboidrato de reserva produzido pelas plantas e consumido pelo homem e sendo o principal componente das raízes tuberosas da batata-doce, as quais apresentam aproximadamente de 60 a 85% de amido (base seca) (SANTOS, 2015; RÓS et al., 2014). Durante o armazenamento, parte do amido se transforma em açúcares solúveis acentuando o sabor da raiz mesmo após a colheita (MIRANDA et al., 1995).

A concentração de amido em raízes de batata-doce pode variar de 13,4 a 29,2% de matéria fresca (MIRANDA et al., 1995). Para o consumo de batata-doce de mesa quanto menor o teor de amido, mais agradável será o sabor das raízes

tuberosas, porém para a indústria, o interessante são materiais com altos teores de amido para a extração de fécula, produção de álcool, entre outros subprodutos (SANTOS, 2015).

Montes (2013) relata que o genótipo Canadense vem substituindo genótipos antigos na região de Presidente Prudente/SP, devido as suas raízes tuberosas apresentarem formatos alongado e uniforme, excelente produtividade e uma boa aceitação nos mercados consumidores. Além dos atributos físico-visuais, a batata-doce Canadense tem um sabor agradável devido aos baixos teores de amido entre 8,1 a 13% na matéria fresca (SANTOS, 2015; FIGUEIREDO, 2019).

O teor de fibras nas raízes de batata-doce oscila de 1,3 a 3,8% da matéria fresca (MIRANDA et al., 1995). As fibras são compostos vegetais presentes nos grãos, hortaliças e frutas e que não são digeridos pelo nosso organismo, mas ajudam na manutenção da microbiota intestinal (BASUALDO, 2014). No entanto, FRANCO et al. (2001) e SANTOS (2015) citam que para a indústria as fibras não são interessantes, pois o excesso de fibras retém uma maior quantidade de amido, dificultando a extração do amido durante o processamento e onerando os custos de produção.

As raízes tuberosas de batata-doce apresentam em média 70,0% de umidade (LEONEL et al., 1998). A umidade nas raízes tuberosas é uma característica importante tanto para o consumo quanto para a indústria: quanto mais seca for a polpa, mais palatável será o seu sabor após a cocção, e na indústria, quanto menor a umidade mais fácil será a extração do amido devido à menor quantidade de água residual (SANTOS, 2015).

O Ministério da Saúde recomenda que um adulto saudável que deseja manter o peso ideal, devesse se basear em uma dieta de 2.000 kcal dia^{-1}, sendo que 15% aproximadamente se convertam em 75 g de proteínas, já que cada grama de proteína tem quatro calorias (MENON & SANTOS, 2012). As raízes tuberosas de batata-doce podem vir a ser uma alternativa na ingestão de proteínas de origem vegetal. As raízes de batata-doce contêm de 2,0 a 2,9 % de proteínas, que pode vir a oscilar dependendo da época de plantio, cultivar, condições ou duração de armazenamento (FOLQUER, 1978; MIRANDA et al., 1995). As ramas também são fontes ricas em proteínas, contendo até o dobro do nível presente nas raízes tuberosas e podem ser consumidas na forma de saladas, refogados ou empanadas e fritas (FELTRAN & FABRI, 2010 e SANTOS, 2015).

Os açúcares presentes nas raízes de batata-doce são importantes nas características como sabor e aroma e responsável pela doçura, pois a sacarose que é formada pela glicose e frutose, pode se tornar um açúcar redutor se sofrer ação enzimática ou hidrólise ácida (CHITARRA & CHITARRA, 1990). A batata-doce apresenta um elevado teor de açúcar total (6,99%) e de açúcar redutor (5,74%), o que a torna uma excelente matéria-prima para hidrolisados e fermentados (LEONEL & CEREDA, 2002).

O índice glicêmico, de acordo com a definição de Jenkins et al. (1981), e citado por Faria et al. (2011), é a velocidade com que o carboidrato é absorvido no intestino delgado, determinando as respostas glicêmica e hormonais após uma refeição. Os carboidratos simples e complexos são diferenciados pelo método de absorção do organismo. Os carboidratos de cadeia simples não precisam de muito tempo para absorção pelo intestino já o de cadeia complexa tem um tempo maior para absorção. As raízes da batata-doce possuem carboidratos complexos de baixo índice glicêmico (KLEIN et al., 2018).

Os minerais presentes nas raízes da batata-doce se modificam de acordo com a variedade analisada, pois fatores como época de plantio, cor de polpa e método de preparo alteram essas quantidades. A cor da polpa das batatas-doces (laranja, creme, branca e roxa) interfere na quantidade de minerais, sendo que batatas-doces de polpa creme possuem mais Ca do que as de polpa branca (VIZZOTTO et al., 2018). Contudo, em batatas-doces alaranjadas os teores de Ca e Mg são maiores do que nas batata-doces de cor creme (LAURIE et al., 2015).

2.3 Análise de crescimento

A análise do crescimento é tida como método-padrão para se medir a produtividade biológica de uma cultura (MAGALHÃES, 1979). Além disso, ela produz conhecimentos de valores práticos e informações, referentes ao crescimento e comportamento dos genótipos, que podem ser utilizadas pelos produtores, de modo que, os permitam escolher a cultivar que melhor se adapte a cada região, solo e clima (SHARMA et al., 1993; CONCEIÇÃO et al., 2005). Esta análise segue a dinâmica da produção fotossintética, sendo de vital importância para compreender os processos morfofisiológicos da planta e sua influência sobre a produtividade. Por meio desta análise pode-se determinar a produção líquida das plantas derivada do

processo fotossintético, como resultado do desempenho do sistema assimilatório durante determinado período de tempo (CARDOSO et al., 1987; CONCEIÇÃO et al., 2005).

A análise de crescimento é realizada por meio de avaliações sequenciais do acúmulo de fitomassa ou de índices fisiológicos dela obtidos (GAVA et al., 2001). A taxa de crescimento absoluto (TCA) indica a variação ou incremento de biomassa entre duas amostragens e reflete o crescimento da planta. Todo o crescimento resultará da produção de material suficiente e que estará diretamente relacionado ao tamanho alcançado no período anterior ao crescimento em sua massa, altura ou área foliar do vegetal ao longo de determinado período é medida pela taxa de crescimento relativo (TCR). A taxa de assimilação líquida (TAL) demonstra a fotossíntese liquida ou matéria seca produzida por unidade de área foliar e tempo. A razão de área foliar (RAF) indica a área foliar útil para a fotossíntese, ou seja, a quantidade de área foliar usada para produzir um grama de matéria seca. Já a área foliar especifica (AFE) é o componente morfológico e anatômico da RAF, pois relaciona a superfície com a massa da matéria seca (MS) da própria folha (LOPES & MAESTRI, 1973; BENINCASA, 2003).

Trabalhos sobre análise de crescimento na cultura da batata-doce são escassos nas condições brasileiras (CONCEIÇÃO et al., 2005; ECHER et al., 2009; FERREIRA, 2017). Os estudos realizados indicam que algumas das limitações fisiológicas da batata-doce que repercutem sobre a produtividade são: 1) baixa eficiência na captação da luz solar devido a superfície foliar limitada desde o plantio até o momento em que o solo esteja coberto pela folhagem; superfície foliar limitada desde a senescência das folhas até a colheita; escassez de luz nas camadas inferiores da folhagem com predominância de processo respiratório; 2) Distribuição relativa das substâncias elaboradas entre a folhagem e as raízes tuberosas que coincide com a tuberização tardia; 3) ineficiência na conversão da energia solar em carboidratos (FOLQUER, 1978, citado por KALKMANN, 2011).

Na batata-doce, o acúmulo de MS e sua distribuição na planta varia ao longo do ciclo de desenvolvimento. Até os 55 DAP o acúmulo de MS é lento e similar entre folhas, ramas e as raízes tuberosas (ECHER & FERNANDES, 2021). Porém, o acúmulo de MS na planta se intensifica após a formação das raízes de reserva e as maiores taxas de acúmulo de MS nas plantas ocorrem por volta dos 90 DAP (CONCEIÇÃO et al., 2005).

A área foliar das plantas de batata-doce aumenta desde o plantio até por volta dos 120 DAP, apresentando um pico de crescimento aos 60 DAP (CONCEIÇÃO et al., 2005; QUEIROGA et al., 2007). Após a formação das raízes de reserva, que são o principal dreno da planta, o acúmulo de MS na planta se intensifica até o final do ciclo (ECHER & FERNANDES, 2021).

No entanto, o auto sombreamento crescente e o aumento na produção de órgãos não fotossintetizantes fazem com que a TCR das plantas diminua ao longo do ciclo de desenvolvimento (SANTOS et al., 2015). Na batata-doce, têm-se observado que há uma redução acentuada da TCR no período compreendido entre os 60 e 120 DAP, mas a TCR não atinge valores negativos até o final do ciclo dessa espécie tuberosa (CONCEIÇÃO et al., 2005).

A TAL é dependente da radiação solar, das condições internas da planta, do índice de área foliar e do balanço hídrico (BENINCASA, 2003; QUEIROGA et al., 2007). Estudos indicam que as cultivares de batata-doce podem apresentar diferenças significativas nas suas TALs durante o ciclo de desenvolvimento. Conceição et al. (2005) verificaram que na cultivar de batata-doce Da Costa houve aumento nos valores da TAL até os 100 DAP, com posterior redução, enquanto na cultivar Abóbora os valores da TAL diminuíram por volta dos 110 DAP e aumentaram posteriormente até o final do ciclo (CONCEIÇÃO et al., 2005). Contudo, em outras cultivares como Coquinho e Princesa a TAL das plantas foi baixa durante os primeiros 30 DAP, mas posteriormente os valores da TAL se mantiveram estáveis até o final do ciclo das duas cultivares (MEDEIROS et al., 1990).

A RAF indica a área foliar útil para a fotossíntese (BENINCASA, 2003) e na batata-doce a RAF tem apresentado aumento até os 30 DAP e depois diminuído linearmente até o momento da colheita (MEDEIROS et al., 1990; CONCEIÇÃO et al., 2005). A redução na RAF ao longo do ciclo das culturas se deve ao surgimento e aumento na proporção de tecidos e de estruturas não assimilatórias, além do auto sombreamento e da senescência e da queda de folhas (SANTOS et al., 2015).

A AFE é uma medida da expansão média da folha, em área, por unidade de massa seca foliar (SILVA, 2000). Na batata-doce, o crescimento inicial das plantas é acompanhando pelo aumento da área foliar e a AFE atinge seus valores máximos ao redor dos 45 DAP para depois diminuir até o final do ciclo (MEDEIROS et al., 1990; CONCEIÇÃO et al., 2005)

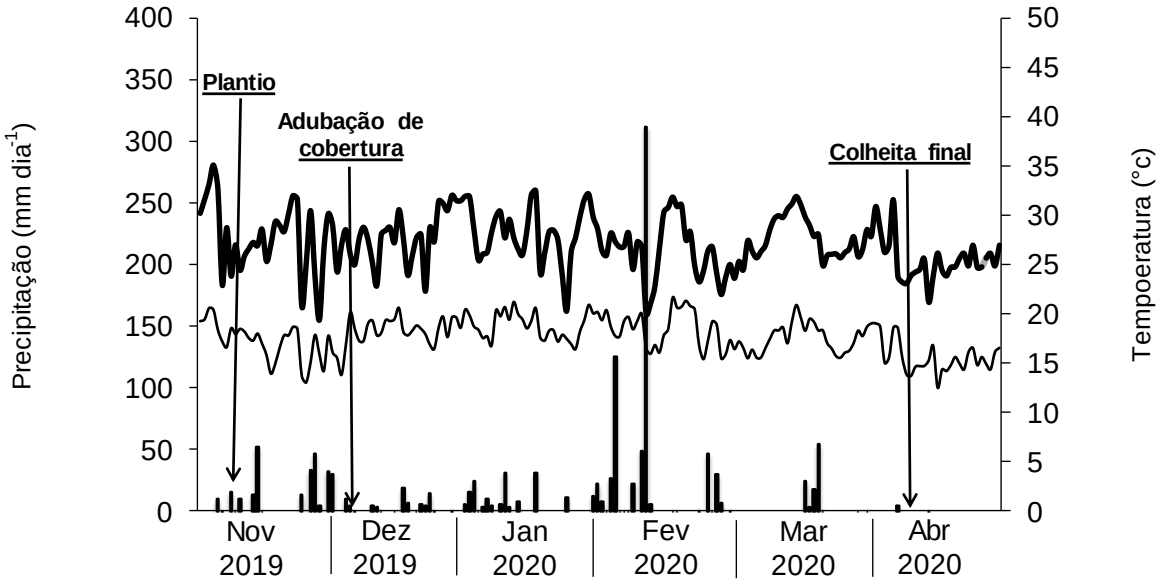
Cada genótipo de batata-doce tem suas diferenças e hábitos de crescimento. As cultivares Coquinho e Princesa tem características de raízes tuberosas similares (visualmente) (EMBRAPA, 2014). Porém, quando os aspectos agronômicos são comparados as diferenças entre cultivares ficam evidentes. Medeiros et al. (1990) observaram que as cultivares de batata-doce têm índices produtivos distintos, sendo que a cultivar Coquinho chega a produzir o dobro de batatas por planta aos 135 DAP comparado a cultivar Princesa. No entanto, estes autores verificaram que no final do ciclo o acúmulo de MS nas raízes tuberosas da cultivar Princesa se torna maior do que na cultivar Coquinho. Dessa forma, a avaliação da análise de crescimento de cultivares de batata-doce é fundamental para se conhecer as características de crescimento e produtividade de cada material e com isso se adequar as técnicas de manejo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido entre os meses de novembro de 2019 a abril de 2020 na Fazenda experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), pertencente à Universidade Estadual Paulista, localizada no município de Botucatu/SP (22° 50’ 43’’ S; 48° 25’ 27’’ W e 772 m de altitude). A classificação climática de Köppen é a Cfa clima temperado quente (mesotérmico) úmido, com temperatura média do mês mais quente superior a 22 ºC e precipitação média anual de 1.501,4 mm (CUNHA & MARTINS, 2009). O solo do local é um Nitossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa (EMBRAPA, 2006). Os valores das temperaturas mínimas, máximas e médias do ar e da precipitação pluvial ocorrido durante o período do experimento estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Precipitação pluvial (barras), temperatura mínima (linha fina) e temperatura máxima diária (linha grossa) durante a condução do experimento em Botucatu-SP.



Fonte: Estação Meteorológica do Departamento de Solos e Recursos Ambientais, FCA/Unesp, Botucatu/SP 2020.

3.2 Genótipos utilizados

Foram utilizados cinco genótipos de batata doce sendo eles: Canadense (polpa creme), BRS Rubissol (polpa creme), 1358 (polpa alaranjada),1365 (polpa alaranjada) e Princesa (polpa branca).

O genótipo Canadense é o principal material de batata-doce utilizado pelos produtores da região de Presidente Prudente/SP e Araçatuba/SP, que são os principais polos produtores de batata-doce do estado de São Paulo (YONEYA, 2013; IEA, 2020). A batata-doce Canadense apresenta película externa rosada e polpa creme. O formato da raiz tuberosa é alongado, uniforme e possui boa aceitação comercial, tanto para a indústria como para a mesa (MONTES, 2013). O ciclo é considerado médio (150 a 180 dias) quando o plantio ocorre de setembro a fevereiro e longo (180 a 220 dias) nas demais épocas do ano (GOLLA et al., 2010).

O genótipo BRS Rubissol possui ciclo de cultivo que varia entre 120 a 140 dias. As suas raízes tuberosas possuem formato redondo elíptico com boa uniformidade, pele de cor púrpura intensa (vermelho- rubi) com leve aspereza ao tato. A polpa é de cor creme tendendo ao amarelo, com pontuações em amarelo mais intenso. Possui excelentes características para consumo de mesa e também pode ser utilizada no processamento industrial e destaca-se por apresentar expressiva produtividade, boa uniformidade e aparência das batatas (CASTRO & BECKER, 2011).

Os genótipos 1358 e 1365 possuem raízes com formato alongado e polpa de coloração alaranjada, sendo fonte de carotenoides (pró-vitamina A). Ambos os clones apresentam produtividade total de raízes similar a das cultivares Beauregard e BRS Amélia, especialmente nos cultivos de primavera (SANTOS, 2015).

O genótipo Princesa foi lançado em 1989 pelo Centro Nacional de Pesquisa em Hortaliças (CNPH), por se destacar com boas características produtivas como raízes tuberosas alongadas e uniformes com ótimo aspecto comercial e com uma produtividade média de 27 t ha^{-1} e por ter um alto vigor vegetativo da parte aérea pode ser utilizado para alimentação animal (EMBRAPA, 2014). O genótipo Princesa tem um ciclo de produção médio (120 a 150 dias) e também é resistente ao mal-do-pé, doença causada pelo fungo *Plenodomus destruens,* que atualmente é uma das doenças mais nocivas à cultura da batata-doce podendo inviabilizar o cultivo na área por anos (MIRANDA et al., 1995; ECHER, 2015).

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso no esquema de parcela subdividida, com 4 repetições. As parcelas foram representadas pelos genótipos (Canadense, BRS Rubissol, 1358, 1365 e Princesa). As subparcelas foram representadas pelas épocas de coleta de plantas que ocorreram aos 25, 40, 55, 70, 90, 105, 120, 135, 150 e 165 dias após o plantio (DAP). Cada parcela foi composta por 7 linhas de 10 m de comprimento. Cada subparcela foi representada por quatro plantas e pelas plantas adjacentes que foram consideradas bordadura, ou seja, não foram coletadas nas épocas seguintes.

3.4 Instalação e condução do experimento.

Amostras de solo coletadas previamente na área experimental, na profundidade de 0-20 cm, indicaram valores de saturação por bases (V) inferiores ao recomendado para a batata-doce que é de 60% (MONTEIRO & PERESSIN 1997). Portanto, a área recebeu a aplicação de 2,7 t ha^{-1} de calcário dolomítico (PRNT=90%) para se elevar a V para 60% (MONTEIRO & PERESSIN 1997) em maio de 2019, seguida de incorporação.

Para a instalação do experimento o solo foi preparado de forma convencional com as operações de gradagem (grade pesada), aração e gradagem leve (nivelamento), a qual foi realizada às vésperas do plantio. Após o preparo do solo, o solo foi amostrado, analisado quimicamente (Tabela 1) e foram levantadas leiras com aproximadamente 30 cm de altura, no espaçamento de 1,0 m entre leiras, utilizando-se sulcador de asas abertas acoplado a um trator agrícola como apresentado na (Figura 2a). Após o levantamento das leiras foi realizada a adubação de plantio com base nos resultados da análise de solo e nas recomendações de Monteiro & Peressin (1997) e Fernandes et al. (2018). A adubação consistiu da aplicação de 40 kg ha^{-1} de N (ureia), 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato simples) e 60 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio) no sulco de plantio.

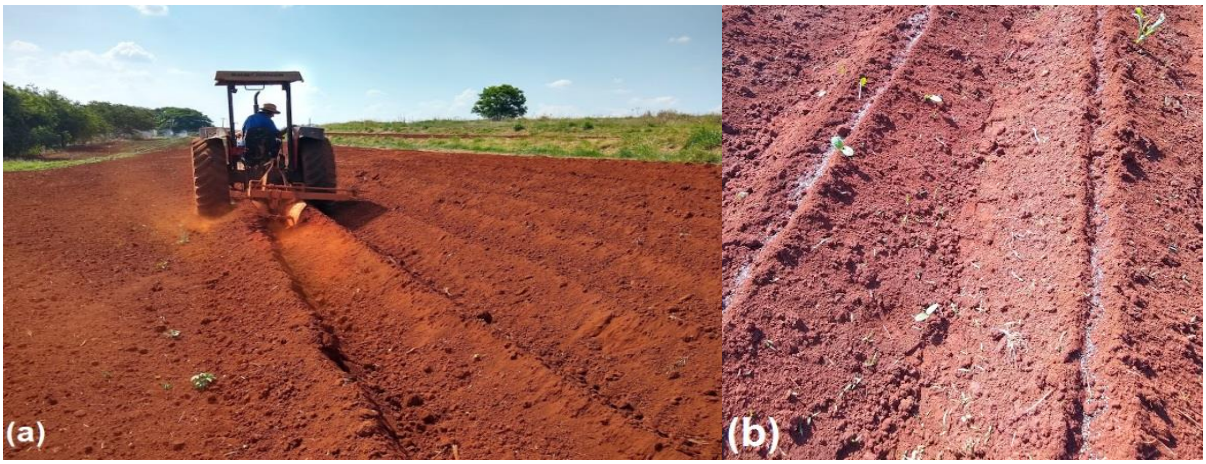
Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental na profundidade de 0-0,2 m após a correção do solo (antes do plantio). Média de quatro repetições

Características do solo	Valores depois da calagem 16/09/2019
pH ($CaCl_2$)	4,8
M.O. (g dm^{-3})	30,0
P_{resina} (mg dm^{-3})	10,0
K ($mmol_c$ dm^{-3})	5,5
Ca ($mmol_c$ dm^{-3})	36,0
Mg ($mmol_c$ dm^{-3})	17,0
H+Al ($mmol_c$ dm^{-3})	48,0
CTC ($mmol_c$ dm^{-3})	106,0
Saturação por bases (%)	55,0
S (mg dm^{-3})	24,0
B (mg dm^{-3})	0,41
Cu (mg dm^{-3})	5,0
Fe (mg dm^{-3})	22,0
Mn (mg dm^{-3})	23,8
Zn (mg dm^{-3})	1,0

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A adubação de plantio foi realizada em sulcos abertos no topo das leiras construídas, sendo que após a aplicação dos fertilizantes os mesmos foram incorporados nos sulcos, e em seguida os sulcos foram fechados manualmente com auxílio de enxada (Figura 2b).

Figura 2. Levantamento das leiras de plantio (a) e a adubação de plantio no topo das leiras (b).



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

O plantio foi realizado no topo das leiras em 09 de novembro de 2019, adotando-se o espaçamento de 30 cm entre ramas (Figura 3). Foram utilizadas ramas retiradas da parte apical das ramas de lavoura comercial, com cerca de 6 a 8 nós e com aproximadamente 30 cm de comprimento. As ramas foram plantadas enterrando-se em torno de 15 cm de profundidade da parte basal das ramas no topo das leiras. A adubação de cobertura foi realizada aos 45 dias após o plantio, aplicando-se 40 kg ha^{-1} de N (ureia) (FERNANDES et al., 2018).

Figura 3. Plantio das ramas na área experimental da Fazenda Lajeado-Botucatu/SP. .

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Durante a condução do experimento foram realizados os tratos culturais recomendados para a cultura (MIRANDA et al., 1995), tais como: replantio das falhas até o 15º DAP, amontoa, controle fitossanitário e de plantas daninhas.

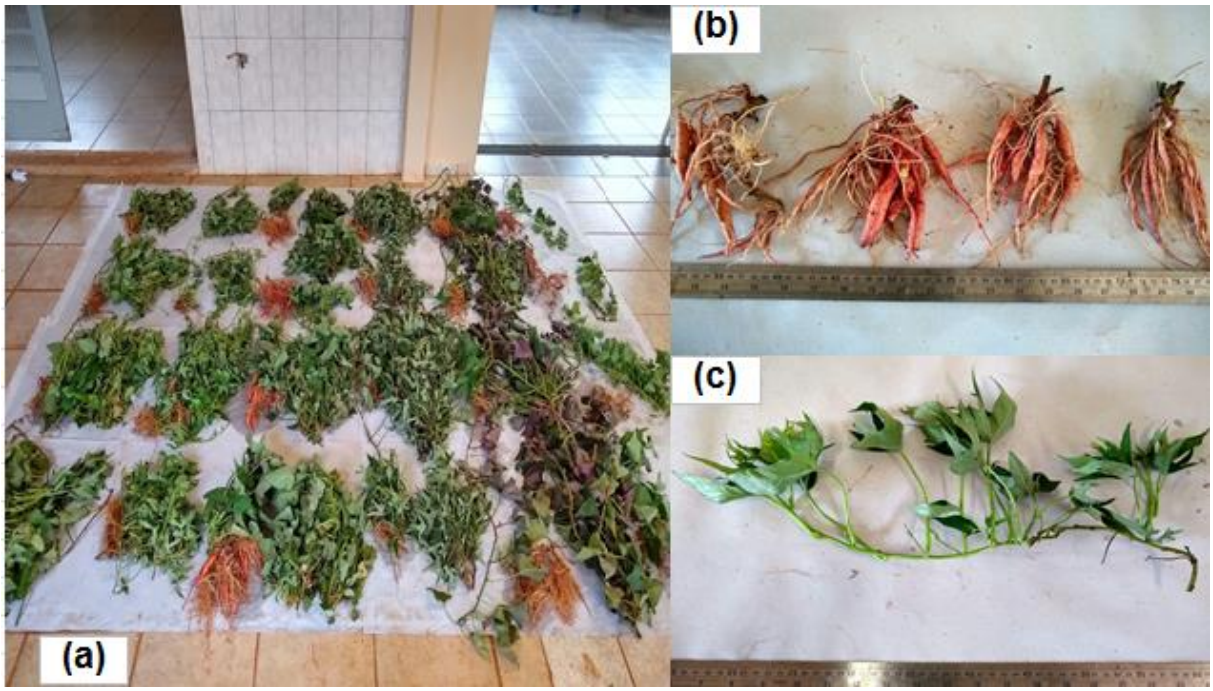
Após o plantio, a cultura foi conduzida com irrigação durante os primeiros 20 dias para garantir o pegamento das ramas, e posteriormente o experimento foi conduzido sem irrigação.

3.5 Coleta das plantas e preparo das amostras

As coletas foram realizadas aos 25, 40, 55, 70, 90, 105, 120, 135, 150 e 165 DAP sempre na parte da manhã. Foram coletadas duas linhas de 0,60 m (± 4 plantas) por subparcela. As coletas foram realizadas seguindo critérios como a seleção das plantas que tinham de todos os lados plantas competindo e de plantas com bom aspecto visual.

Após serem removidas do campo, as plantas foram levadas ao laboratório de matérias primas do Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT) (Figura 4a), lavadas em água corrente e separadas em folhas, caules e raízes tuberosas (quando presentes), avaliadas (avaliações no material fresco) (Figura 4b e c), acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65º C até atingir massa constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas em balança analítica e calcularam-se os teores de MS das amostras. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm e armazenadas.

Figura 4. Planta inteira de batata-doce (parte aérea + raízes) lavada e exposta para caracterização (a), raízes tuberosas do genótipo 1365 aos 40 DAP (b), e rama principal do genótipo 1358 aos 40 DAP (c).



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

3.6 Avaliações

3.6.1. Número de folhas por planta e área foliar

O número de folhas por planta foi determinado mediante a contagem direta e considerando-se apenas as folhas presentes. A área foliar foi obtida com auxílio de um integrador de área foliar de bancada LICOR, modelo 3100 C.

3.6.2 Acúmulo de matéria seca (MS)

O acúmulo de MS foi determinado em cada órgão da planta (folhas, caules, raízes e raízes tuberosas) em todas as amostragens (item 3.5). Com os dados de massa fresca e teor MS em cada parte das plantas e a população final de plantas calcularam-se as quantidades de MS acumuladas em cada parte da planta por área (ha). O acúmulo de MS na planta inteira foi obtido por meio da somatória das quantidades de MS acumuladas em cada parte da planta.

3.6.3 Índices fisiológicos

Os índices fisiológicos utilizados para avaliar possíveis diferenças entre os genótipos foram à taxa de crescimento da cultura e das raízes tuberosas (TCC e TCRT), a taxa de crescimento relativo (TCR), a taxa assimilatória liquida (TAL), a área foliar específica (AFE), a razão de área foliar (RAF) e a razão de massa foliar (RMF) (BENINCASA, 2003). Esses índices foram obtidos pela manipulação dos dados coletados, os quais estão descritos a seguir:

A TCA e a TCART avaliam o crescimento da planta e das raízes tuberosas relacionando a quantidade de matéria seca acumulada em função da área de solo por unidade de tempo. A TCA e a TCART foram obtidas por meio da derivada primeira das equações ajustadas de acúmulo de MS na planta inteira e nas raízes tuberosas, obtendo-se assim, os pontos de inflexão para cada equação. O ponto de inflexão representa o dia do ciclo da planta em que a taxa de acúmulo diário de MS da planta ou da raiz tuberosa atingem o valor máximo. A taxa de acúmulo diário de MS é crescente desde o início do ciclo até o ponto de inflexão e depois os valores dessas taxas são decrescentes. O ponto de máximo (ponto de inflexão) indica o dia do ciclo em que ocorre o máximo acúmulo diário de MS.

A TCR que é definida como o aumento de matéria seca por unidade de matéria seca presente no início de determinado período, é dada pela seguinte fórmula:

$$TCR = (\ln M_2 - \ln M_1) / (t_2 - t_1) \quad \text{.....} \quad (g\ g^{-1}\ dia^{-1})$$

M_1 e M_2 é massa do órgão ou da planta referente aos tempos t_1 e t_2, respectivamente; ln é logaritmo neperiano.

A TAL expressa a taxa de fotossíntese líquida, ou seja, a matéria seca produzida por unidade de área foliar por unidade de tempo e é dada pela seguinte fórmula:

$$TAL = (M_2 - M_1 / t_2 – t_1) \times (\ln A_2 – \ln A_1 / A_2 – A_1) \text{ ..... } (g\ dm^{-2}\ dia^{-1})$$

M_1 e M_2 é a massa do órgão ou da planta referente aos tempos t_1 e t_2, respectivamente; ln é logaritmo neperiano; A_1 e A_2 é a área foliar referente aos tempos t_1 e t_2, respectivamente.

A AFE é o componente morfológico e anatômico da RAF, porque relaciona a superfície da folha com a massa de matéria seca da própria folha e é dada pela seguinte fórmula:

$$AFE = AF / MSf \text{ ..... } (m^2\ g^{-1})$$

AF e MSf é a área foliar e a matéria seca foliar, respectivamente.

A RAF expressa a área foliar útil para a fotossíntese, pois é a razão entre a área foliar e a MS total da planta, e é dada pela seguinte fórmula:

$$RAF = AF / MSp \text{ ..... } (m^2\ g^{-1})$$

AF e MSp é a área foliar total e a matéria seca da planta inteira, respectivamente.

A RMF expressa a razão entre a matéria seca foliar total e a matéria seca da planta inteira e é dada pela seguinte fórmula:

$$RMF = MSF / MSp \text{ ..... } (g\ g^{-1})$$

MSF e MSp é a matéria seca da folha e a massa seca da planta inteira, respectivamente.

3.6.4 Número de raízes tuberosas por planta e massa média das raízes tuberosas

O número de raízes tuberosas por planta foi determinado por meio da contagem do número total de raízes tuberosas em cada uma das quatro plantas

coletadas nas subparcelas. A massa média das raízes tuberosas foi obtido pela relação entre a massa total de raízes e o número total de raízes das plantas das subparcelas.

3.6.5 Produtividade e classificação das raízes tuberosas

Foi avaliada mediante a coleta das raízes tuberosas de duas linhas de 1,5 m (± 10 plantas) na área útil da parcela aos 165 DAP (última avaliação). As raízes tuberosas foram lavadas, contadas e classificadas adaptando-se a classificação proposta por Silva & Lopes (1995). As raízes tuberosas lisas de formato alongado e uniforme foram classificadas nas seguintes padrão de classes > 800g (Diversos), 800 a 501 g (Graúda), 500 a 251 g (Extra A), 250 a 151 g (Extra) e 150 a 80 g (Diversos). As raízes tuberosas deformadas (tortas) e com padrão maior que 800 g ou menor que 80 g foram contabilizadas como raízes não comercializáveis. Após classificadas as raízes tuberosas foram pesadas para determinação da produtividade por classes (MIRANDA et al., 1995). A produtividade comercial foi obtida a partir do somatório das classes de raízes tuberosas lisas de formato alongado e uniforme e com a massa entre 80 e 800 g. A produtividade total foi obtida a partir do somatório da produtividade comercial (80 a 800 g) e não comercial (deformadas; menor que 80 g e maior que 800 g).

3.6.6 Parâmetros de qualidade das raízes tuberosas

a) Teor de matéria seca

Foram pesados 300 g das amostras de polpa das raízes tuberosas de batata-doce, as quais foram secadas em estufa a 105 ºC até a obtenção da massa constante. Em seguida, as amostras foram pesadas para a obtenção do teor de matéria seca, sendo os valores expressos em porcentagem.

b) Teor de cinzas

Para a determinação do teor de cinzas foram colocadas 3 g de amostra nos cadinhos de porcelana e incineradas em mufla a 550 °C por 5 horas. Após esse período as amostras foram pesadas para a obtenção do teor de cinzas expresso em porcentagem.

c) Teor de fibras

O teor de fibras nas amostras de batata-doce foi determinado por meio da pesagem de 1 g de amostras da polpa das raízes, as quais foram colocadas em saquinhos de polietileno e processadas em um digestor para fibra em sacos de extração (MA 444/CI MARCONI). Em seguida, foram acrescentados na cuba de digestão 2000 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 1,25% (p/v) e submetidos à ebulição com agitação constante a 95 ºC durante 45 minutos. Após esse processo foi feita uma dupla lavagem com água destilada a 95 ºC por 5 minutos. Em seguida, as amostras foram colocadas na cuba de digestão 2000 mL de hidróxido de sódio (NaOH) a 1,25% (p/v) e submetidas à ebulição com agitação constante a 95 ºC durante 45 minutos. Após o término do processo, repetiu-se a dupla lavagem e os saquinhos foram lavados com acetona para retirar os resíduos de detergente. Posteriormente, os saquinhos com as amostras foram submetidos à secagem em estufa a 105 ºC com circulação forçada de ar por 6 h. Em seguida, as amostras foram retiradas da estufa, postas em um dessecador com sílica-gel por 30 min e posteriormente pesadas e os resultados expressos em porcentagem das fibras totais (AACC, 1975; SILVA, 2006; AOCS, 2009).

d) Teor de proteína

O teor de proteína nas raízes tuberosas foi determinado nas amostras secas com o método de Kjeldahl (método 920.87 da AOAC) (HORWITZ & LATIMER JUNIOR, 2005) e com o fator de 6,25 para conversão em proteína bruta. Em seguida, os dados foram convertidos para teores de proteína na matéria fresca.

e) Teores de açúcar redutor, açúcar total e amido

Os teores de açúcar redutor, açúcar total e amido foram determinados nas amostras secas, utilizando a metodologia de Somogyi, adaptada por Nelson (1944). Os resultados obtidos foram convertidos para teores na matéria fresca.

3.6.7 Produtividade de amido

A produtividade de amido foi determinada pela seguinte fórmula:

$$\text{Produtividade de amido (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Produtividade total de raízes (kg ha}^{-1}\text{)} \times \text{Teor de amido na matéria fresca}}{100}$$

3.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos a ANOVA utilizado o programa Sisvar (Ferreira, 2011). As médias dos genótipos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os efeitos das épocas de coleta de plantas foram avaliados por análise de regressão, adotando-se como critério para a escolha do modelo aqueles com maior coeficiente de determinação significativo a 5% de probabilidade. Os gráficos foram confeccionados utilizando o programa SigmaPlot 10.0.

4.0 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento e acúmulo de matéria seca (MS)

Os genótipos Princesa e Canadense apresentaram número de folhas por planta maior do que os demais genótipos a partir dos 60 DAP e atingiram os maiores valores de número de folhas aos 120 DAP (Figura 5a). Já os genótipos de polpa alaranjada (1365 e 1358) apresentaram o máximo número de folhas por planta mais precocemente aos 70 DAP. O genótipo Canadense atingiu um número de folhas de aproximadamente 140 folhas por planta por volta dos 90 DAP. Ribeiro (2020) em estudo com esse mesmo genótipo observou uma variação no número de folhas por planta de 136 a 166 por volta dos 90 DAP, quando a batata-doce foi cultivada durante a estação chuvosa. Segundo este autor, as folhas são estruturas importantes para alocação de fotoassimilados e que durante o período de enchimento das raízes tuberosas ocorre à migração desses fotoassimilados para as raízes tuberosas.

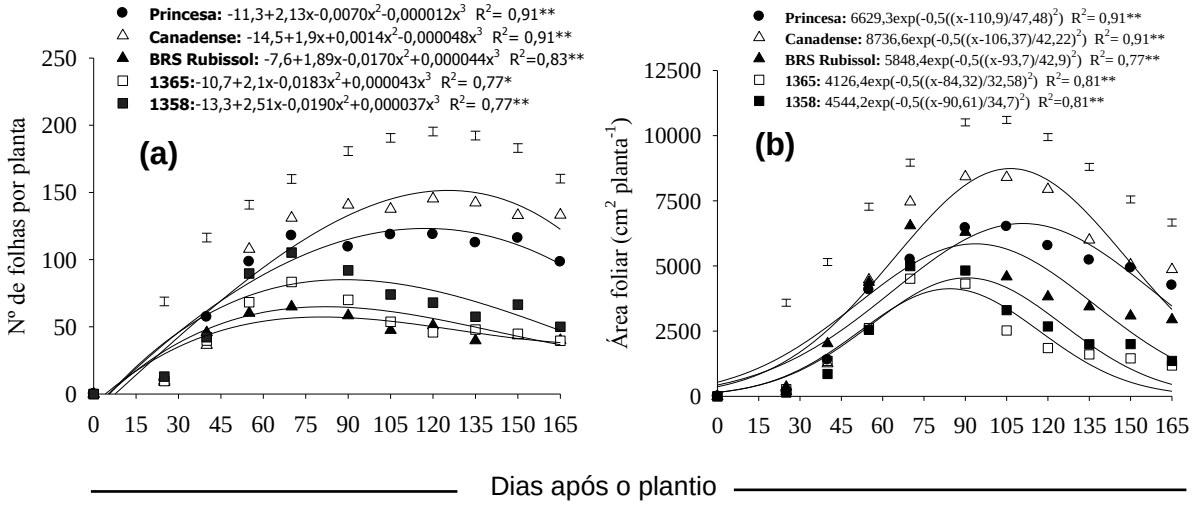


Figura 5. Número de folhas por planta (a) e área foliar (b) de cinco genótipos de batata-doce durante o ciclo de desenvolvimento. * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).

A área foliar do genótipo Canadense foi superior à dos demais genótipos a partir dos 70 DAP seguindo até final do ciclo (Figura 5b). Os menores valores de área foliar ocorreram nos genótipos de polpa alaranjada, enquanto que os genótipos

BRS Rubissol e Princesa apresentaram valores intermediários de área foliar, entre os 90 e 135 DAP. A partir dos 105 DAP todos os genótipos apresentaram redução da área foliar ocasionada pela senescência foliar, pois nesse período ocorre uma maior translocação de carboidratos da parte aérea da planta para as raízes tuberosas. Porém, em condições favoráveis ao desenvolvimento vegetativo da batata-doce pode ocorrer aumento da área foliar das plantas na fase final do ciclo (FIGUEIREDO, 1993), tal como foi observado por Ferreira (2017) em estudo com o genótipo Espanhola.

O genótipo Princesa apresentou elevado número de folhas (Figura 5a), mas como suas folhas possuem lóbulos foliares estreitos, seus valores de área foliar foram menores aos do genótipo Canadense. O genótipo Canadense, que também apresentou elevado número de folhas, possui folhas mais largas e em formato de coração, e por isso, seus valores de área foliar foram mais elevados. Os genótipos 1358 e 1365 possuem menor número de folhas e área foliar, mas são mais precoces para atingir os valores máximos de desenvolvimento foliar.

Os acúmulos de MS nas folhas dos genótipos de polpa alaranjada foram similares ao longo de todas as coletas, mas inferiores aos dos demais genótipos analisados (Figura 6a). No genótipo Canadense, o acúmulo de MS nas folhas foi maior do que nos outros genótipos, especialmente entre os 90 e 120 DAP, enquanto os genótipos BRS Rubissol e Princesa apresentaram acúmulos intermediários de MS nas folhas (Figura 6a). De acordo com Echer et al. (2009) o genótipo Canadense apresenta acúmulo crescente de MS nas folhas até os 115 DAP.

A quantidade de MS acumulada no caule apresentou um comportamento similar ao do acúmulo de MS nas folhas (Figura 6b). Porém, os genótipos Princesa e BRS Rubissol apresentaram acúmulos similares de MS nos caules durante todo o ciclo de desenvolvimento e valores de acúmulo de MS nos caules intermediários aos dos demais genótipos entre os 90 e 135 DAP. Os valores de acúmulo de MS na parte aérea (folha e caule) do genótipo Princesa apresentados por Viana et al. (2011) foram em média de 5,2 t ha^{-1} entre os 150 a 180 DAP, ou seja, maiores do que as 2,5 t ha^{-1} obtidas neste estudo. Entretanto, o acúmulo de MS na parte aérea das plantas de batata-doce pode vir a variar de acordo com o clima, solo, genótipo, entre outros aspectos.

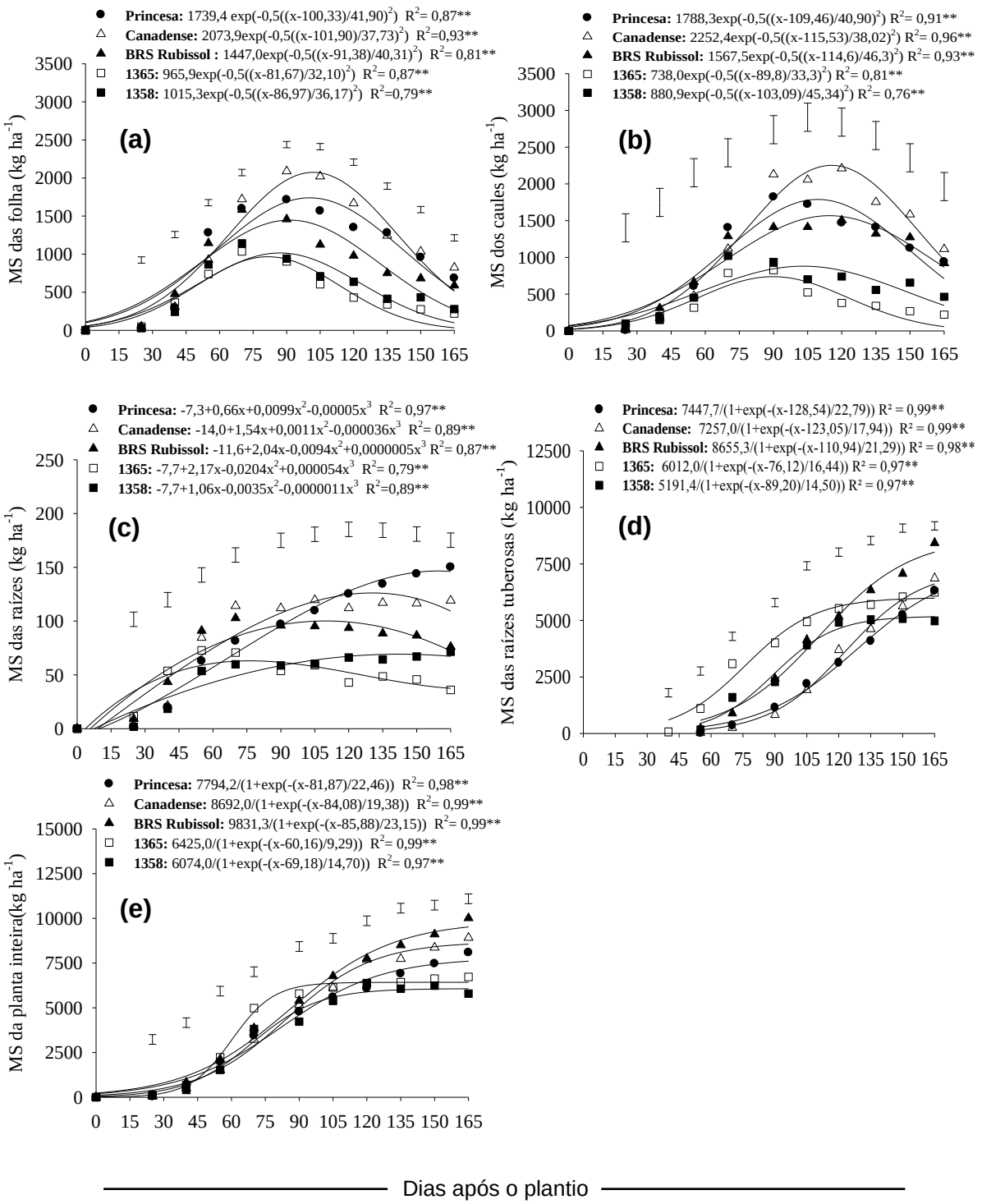


Figura 6. Acúmulo de matéria seca (MS) nas folhas (a), caules (b), raízes absorventes (c), raízes tuberosas (d) e na planta inteira (e) de cinco genótipos de batata-doce durante o ciclo de desenvolvimento. ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).

Em estudo realizado por Massaroto (2008) com 25 genótipos de batata-doce foi observado valores de acúmulo de MS na parte aérea da planta na colheita final variando de 0,8 a 7,2 t ha^{-1}, o que indica que o acúmulo de MS na parte aérea da batata-doce varia de acordo com cada genótipo, tal como foi observado no presente estudo.

O acúmulo de MS nas raízes de absorção diferiu entre os genótipos (Figura 6c). Os genótipos Canadense, BRS Rubissol e 1358 mantiveram um acúmulo de MS estável nas raízes absorventes dos 70 DAP até o final do ciclo. No genótipo Princesa o acúmulo de MS nas raízes absorventes aumentou exponencialmente dos 105 aos 120 DAP, o que resultou num acúmulo de MS maior do que nas raízes do genótipo Canadense. Contudo, o genótipo 1365 apresentou os menores valores de acúmulo de MS nas raízes de absorção especialmente após os 120 DAP.

O genótipo 1365 apresentou maior quantidade de MS acumulada nas raízes tuberosas até os 105 DAP e os genótipos Canadense e Princesa apresentaram os menores acúmulos de MS nas raízes tuberosas até os 120 DAP (Figura 6d). Porém, após os 120 DAP, o acúmulo de MS nas raízes tuberosas do genótipo BRS Rubissol tornou-se superior aos dos demais genótipos. Os genótipos 1358 e 1365 atingiram o máximo acúmulo de MS aos 120 DAP e mantiveram-se estáveis após esse período até o final do ciclo (Figura 6d). No final do ciclo, os maiores acúmulos de MS nas raízes tuberosas ocorreram no genótipo BRS Rubissol e os menores no genótipo 1358, enquanto que os demais genótipos apresentaram acúmulos intermediários (Figura 6d). Após iniciar seu desenvolvimento, as raízes tuberosas se tornam o órgão que mais acumula MS na planta de batata-doce (FERREIA, 2017). A quantidade de MS acumuladas nas raízes tuberosas do genótipo Canadense aos 150 DAP foi de 5,6 t ha^{-1}. Ferreira (2017) e Nunes (2019) obtiveram valores similares de acúmulo de MS nas raízes tuberosas dos genótipos Espanhola e Canadense, respectivamente.

Na planta inteira, os acúmulos de MS em todos os genótipos analisados cresceu de forma lenta até os 55 DAP e se intensificaram dos 55 aos 120 DAP (Figura 6e). Até os 105 DAP, os acúmulos de MS nas plantas de todos os genótipos foram similares, com exceção do 1365 que entre os 70 e 90 DAP apresentou um acúmulo maior que os demais genótipos. A partir dos 105 DAP os acúmulos de MS nas plantas dos genótipos 1358 e 1365 se estabilizaram, enquanto que nos demais genótipos o acúmulo de MS aumentou até o final do ciclo. Assim, no final do ciclo os

maiores acúmulos de MS ocorreram nas plantas do genótipo BRS Rubissol, enquanto os genótipos Canadense e Princesa apresentaram acúmulos intermediários de MS e os menores acúmulos de MS ocorreram nos clones de polpa alaranjada. Conceição et al. (2005) e Echer (2009) também observaram acúmulo crescente de MS nas plantas de batata-doce até o final do ciclo.

O acúmulo precoce de MS nas plantas dos genótipos de polpa alaranjada pode ser explicado pelas suas TCAs, ou seja, ambos os genótipos 1365 e 1358 apresentaram elevados valores de TCA próximos dos 60 DAP (Figura 7a). Nos genótipos Canadense e BRS Rubissol a TCA não deferiu e atingiu taxas maiores após os 90 DAP (Figura 7a) e por isso houve elevada acumulação de MS nas plantas desses genótipos durante a fase final do ciclo. Ferreira (2017), em estudo com o genótipo Espanhola, verificou que a TCA atingiu os valores máximos aos 100 DAP, o que indica que o genótipo Espanhola apresenta um acúmulo de MS mais tardio do que os genótipos avaliados no presente estudo, especialmente os genótipos de polpa alaranjada.

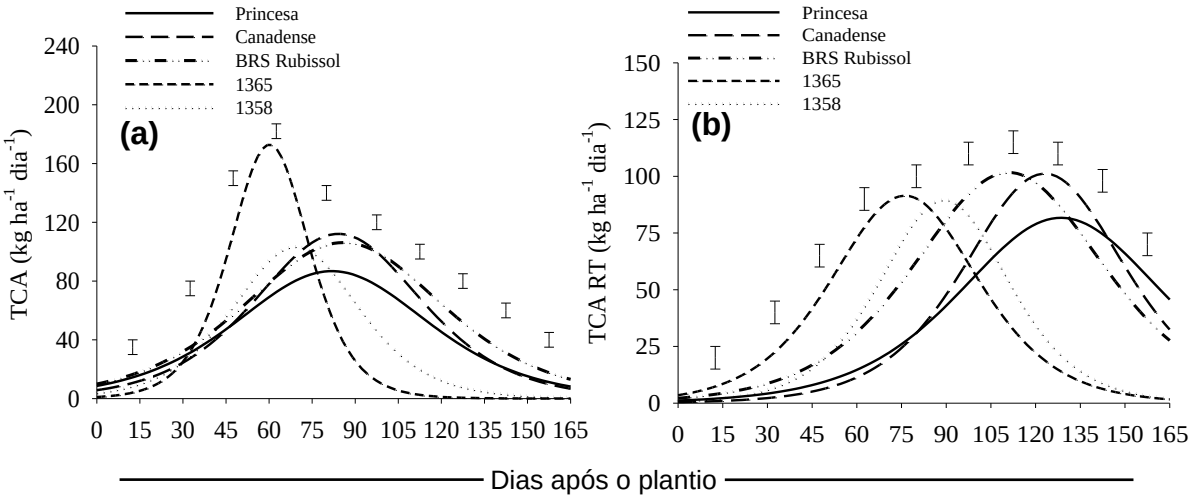


Figura 7. Taxas de crescimento absoluto das plantas (TCA) (a) e das raízes tuberosas (TCART) (b) de cinco genótipos de batata-doce durante o ciclo de desenvolvimento. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

A taxa de crescimento das raízes tuberosas (TCART) aumentou em todos os genótipos após o início da tuberização (Figura 7b). Nos genótipos 1365 e 1358 as TCARTs foram mais precoces e atingiram valores máximos entre 55 e 75 DAP para depois diminuir até o final do ciclo. Nos genótipos Princesa, BRS Rubissol e

Canadense o comportamento das TCARTs foram diferentes dos genótipos de polpa alaranjada, ou seja, aumentou após a tuberização e atingiu os valores máximos após os 105 DAP, quando as TCARTs tornaram-se maiores do que a dos genótipos 1358 e 1365.

A TCR e a TAL diminuíram em todos os genótipos desde o plantio até o final do ciclo (Figura 8a e 8b). Houve uma redução significativa da TCR dos 30 aos 90 DAP e da TAL dos 30 aos 75 DAP em função do aumento expressivo da biomassa de raízes tuberosas, mas na fase final do ciclo esses parâmetros fisiológicos se estabilizaram na maioria dos genótipos. Comportamentos similares para a TCR foram observados por Medeiros et al. (1990) e Ferreira (2017), nos quais os genótipos de batata-doce avaliados apresentaram decréscimo mais acentuados na TCR até os 100 DAP. Até os 60 DAP, os maiores valores de TAL ocorreram nos genótipos 1365 e 1358, o que indica que esses genótipos apresentam uma alta atividade fotossintética na fase inicial do ciclo, e por isso são mais precoces na tuberização. Porém, após os 105 DAP, a TAL do genótipo 1358 reduziu drasticamente, indicando uma redução significativa da sua atividade fotossintética. Em contrapartida, os demais genótipos mantiveram seus valores de TAL entre 3 e 5 g de MS dm^{-2} dia^{-1} após os 75 DAP, sendo que no final do ciclo os maiores valores de TAL ocorreram no genótipo BRS Rubissol. A elevada acumulação tardia de MS no genótipo BRS Rubissol é reflexo dos seus maiores valores de TAL na fase final do ciclo (Figuras 6e; 8b). Medeiros et al. (1990) também verificaram que os maiores valores de TAL ocorreram na fase inicial do ciclo da batata-doce e que posteriormente eles diminuíram até o final do ciclo. Entretanto, para os genótipos Da Costa e Abóbora a TAL aumentou até os 90 DAP e no genótipo Da Costa ela diminuiu dos 90 DAP até o final do ciclo, enquanto que no genótipo Abóbora a TAL diminuiu entre os 90 e 120 DAP, mas depois aumentou novamente no período entre 120 e 150 DAP (CONCEIÇÃO et al., 2005).

A área foliar específica (AFE) diminuiu desde o plantio até os 55 DAP em todos os genótipos analisados (Figura 8c). Após esse período, a AFE apresentou um pequeno aumento até o final do ciclo. Os genótipos Canadense, Rubissol e Princesa apresentaram os maiores valores de AFE aos 25 DAP, mas entre os 90 e 120 DAP os maiores valores de AFE ocorreram nos genótipos 1365 e 1358.

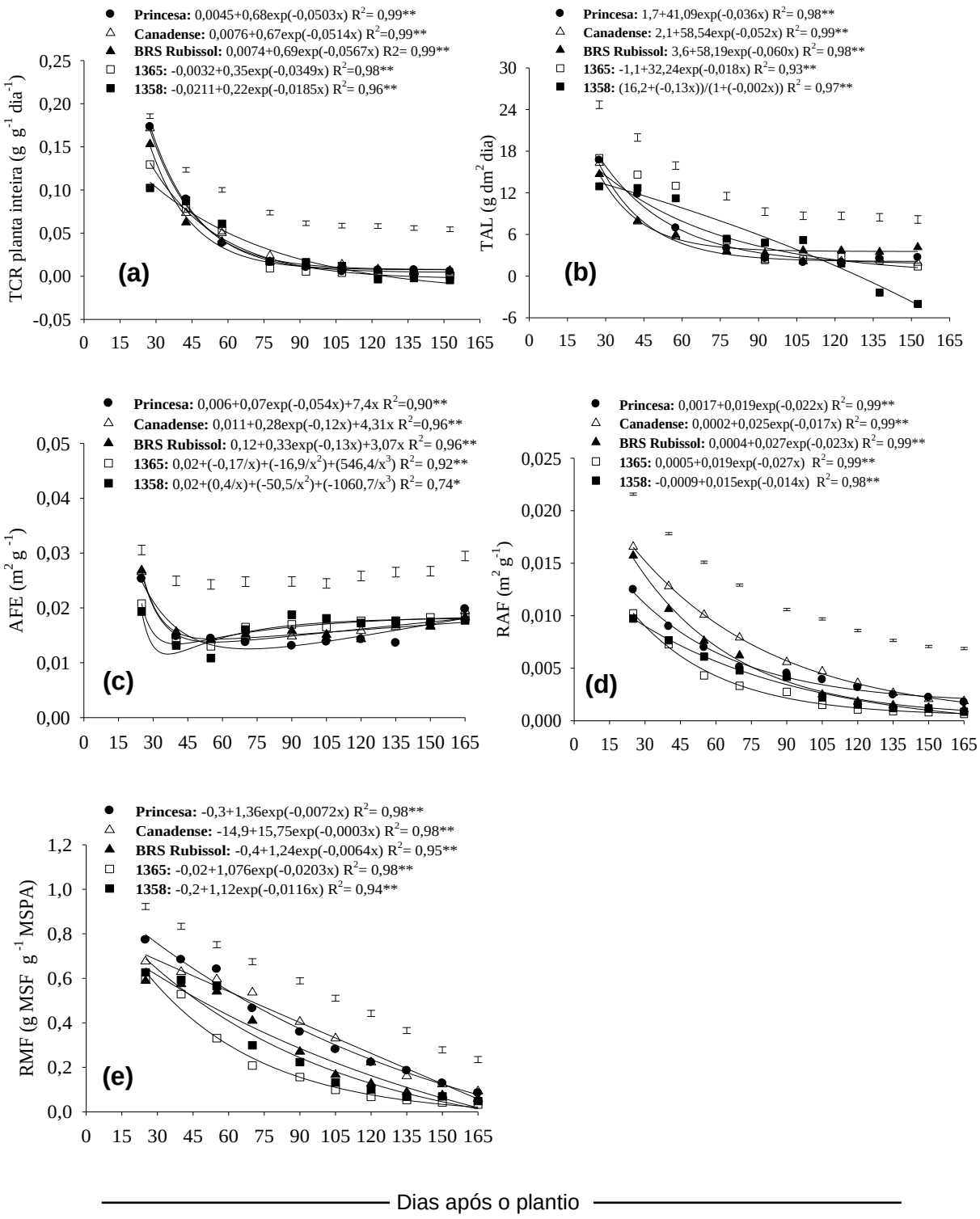


Figura 8. Taxa de crescimento relativo (TCR) (a), taxa assimilatória liquida (TAL) (b), área foliar específica (AFE) (c), razão de área foliar (RAF) (d) e razão de massa foliar (RMF) (e) de cinco genótipos de batata-doce durante o ciclo de desenvolvimento. * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).

O aumento da AFE geralmente implica na redução da espessura da folha (GOBBI et al., 2011). Isso significa que as plantas jovens dos genótipos de polpa alaranjada (1365 e 1358) apresentam folhas mais espessas e à medida que as plantas crescem e emitem mais folhas, estas são de menor espessura e por isso seus valores de AFE são maiores entre os 90 e 120 DAP. Porém, no final do ciclo os valores de AFE foram similares entre os genótipos avaliados. Em estudo realizado por Medeiros et al. (1990) com o genótipo Princesa também se verificou uma redução da AFE até por volta dos 40 DAP.

A razão de área foliar (RAF) apresentou valores elevados no início do ciclo da batata-doce e diminuiu posteriormente até o final das coletas (Figura 8d). Os elevados valores de RAF na fase inicial do ciclo dos genótipos de batata-doce indica que na fase inicial do ciclo todos os genótipos estavam usando os fotoassimilados produzidos para a formação do aparelho fotossintético (CONCEIÇÃO et al., 2005). Desde o plantio até os 90 DAP os maiores valores de RAF ocorreram no genótipo Canadense e os menores valores foram obtidos no genótipo 1365. Esses resultados indicam que o genótipo Canadense investe uma maior proporção de fotoassimilados para a produção de folhas, diferente do que ocorre no genótipo 1365. Os demais genótipos apresentaram valores de RAF intermediários durante a maior parte do ciclo de cultivo. Outros estudos também indicaram que na batata-doce os maiores valores de RAF ocorrem na fase inicial do ciclo, mas posteriormente a RAF diminuiu com o avançar do ciclo de desenvolvimento das plantas (MEDEIROS et al., 1990; CONCEIÇÃO et al., 2005). Essa tendência de redução acentuada na RAF à medida que as plantas envelhecem é resultado, em parte, do aumento gradual de tecidos não assimilatórios (LOPES & MAESTRI, 1973; CONCEIÇÃO et al., 2005).

A razão de massa foliar (RMF) também diminuiu ao longo do ciclo da batata-doce (Figura 8e). Contudo, vale destacar que durante todo o ciclo os genótipos Princesa e Canadense apresentaram valores de RMF maiores do que o genótipo 1365. Esses resultados indicam que os genótipos Canadense e Princesa por apresentarem maior valor de RMF tem maior capacidade de direcionar os fotoassimilados produzidos para a formação de novos órgãos assimiladores (CRUZ et al., 2004) e por isso eles acumulam mais MS nas folhas (Figura 6a). Os genótipos BRS Rubissol e 1358 se mantiveram com valores intermediários de RMF ao longo de todo o ciclo. Estudo realizado por Conceição et al. (2005) com os genótipos Abobora e DA Costa também demonstrou a ocorrência de elevados valores e RMF

na fase inicial do ciclo, demonstrando que nessa fase do ciclo, as folhas são os drenos metabólicos preferenciais das plantas de batata-doce. Porém, no estudo de Medeiros et al. (1990), o genótipo Princesa usou novamente os fotoassimilados para a formação do aparelho fotossintético no período entre 75 e 90 DAP e os autores atribuíram esse crescimento de parte aérea na fase intermediaria do ciclo a presença de temperaturas elevadas e excesso de água.

4.2 Componentes de produção e produtividade

O número total de raízes por planta do genótipo 1365 aumentou desde o início da tuberização até os 90 DAP e manteve-se estável até o final do ciclo, mas nos demais genótipos o número total de raízes tuberosas aumentou até os 120 DAP para depois se estabilizar (Figura 9a). A tuberização foi mais precoce no genótipo 1365 que aos 40 DAP já apresentava raízes tuberosas presentes nas plantas. Em média, o genótipo 1365 apresentou 1,8 vezes mais raízes tuberosas do que os outros genótipos de batata-doce, os quais apresentaram números similares de raízes tuberosas por planta durante o ciclo de desenvolvimento. No final do ciclo, o número máximo de raízes por planta foi de 9,0, 5,1, 5,0, 4,6 e 3,6 nos genótipos 1365, 1358, Canadense, BRS Rubissol e Princesa, respectivamente. Valores entre 3 e 3,6 raízes por planta foram obtidos para os genótipos Princesa e BRS Rubissol em outros estudos (MEDEIROS et al., 1990; AMARO et al., 2017). Em geral, o número de raízes por planta depende do número de nós enraizados, pois quanto maior o número de nós enraizados maior será o número de batatas-doces por planta (MEDEIROS et al., 1990).

As primeiras raízes tuberosas com padrão comercial ocorreram aos 90 DAP, sendo que entre os 105 e 135 DAP o número de raízes comerciais no genótipo 1365 foi maior do que em todos os demais genótipos (Figura 9b). O genótipo Princesa foi o qual apresentou os menores números de raízes comerciais por planta a partir dos 105 DAP até o final do ciclo. Porém, no final do ciclo o genótipo Canadense apresentou número de raízes comerciais por planta, superior ao dos demais genótipos, que não se deferiram na última coleta. Estes resultados mostram que o genótipo 1365 apresenta um alto número de raízes por planta desde a fase inicial de enchimento das raízes tuberosas, mas com um número de raízes de padrão comercial similar ao dos outros genótipos. O genótipo 1365 possui ramas com entrenós curtos, ou seja, de aproximadamente 1,9 cm. Assim, durante o plantio

foram enterradas no solo ramas com mesmo comprimento, mas como as ramas do genótipo 1365 tinham maior número de nós abaixo do solo, desenvolveram-se maior número de raízes tuberosas por planta. O comprimento dos entrenós das ramas varia entre os genótipos de batata-doce, sendo que um estudo com 16 genótipos mostrou uma variação de 2,94 a 5,33 cm no comprimento dos entrenós (CAVALCANTE et al., 2009).

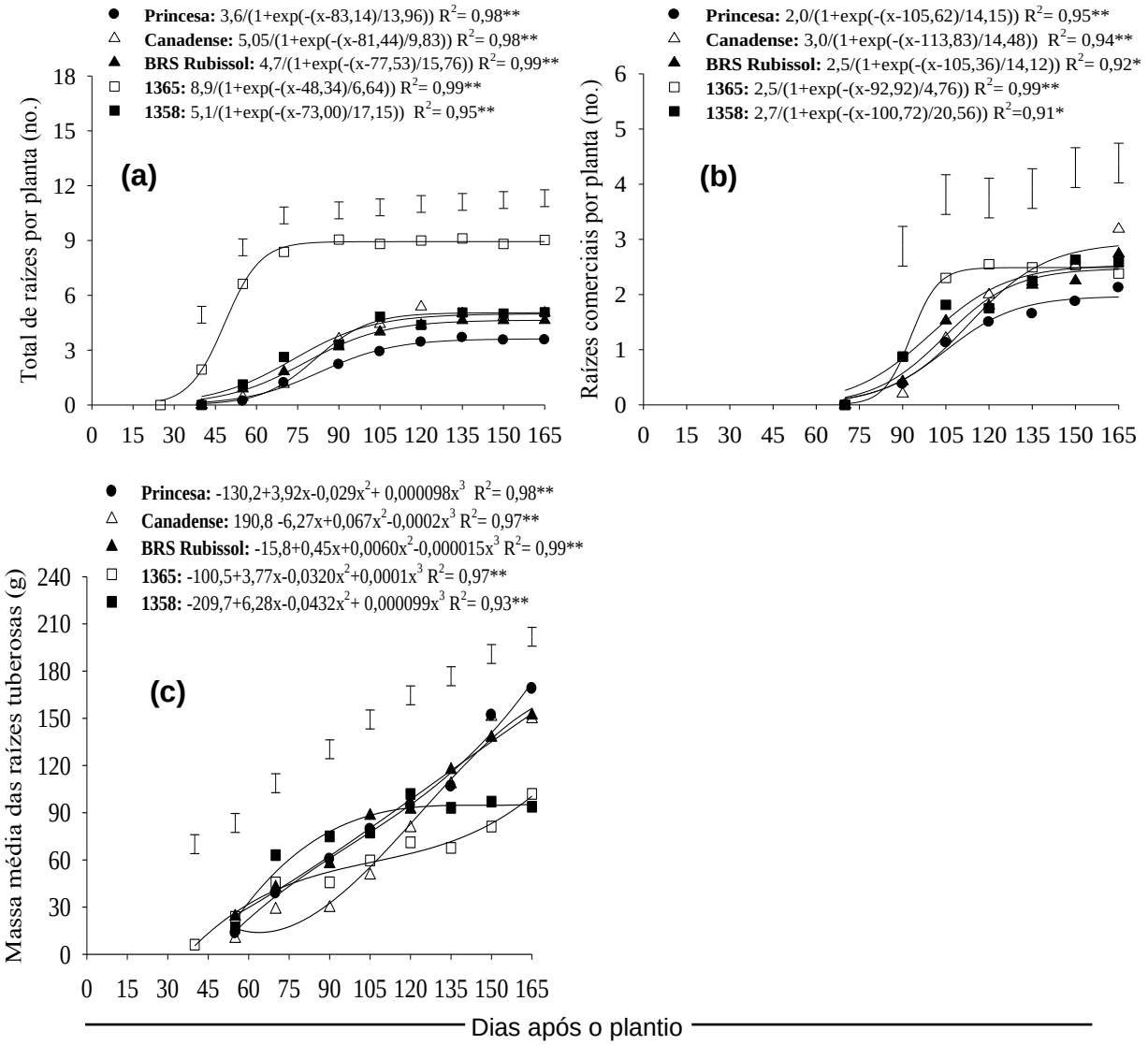


Figura 9. Número total (a) e comercial (b) de raízes tuberosas por planta e massa média das raízes tuberosas (c) de cinco genótipos de batata-doce durante o ciclo de desenvolvimento. * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

A massa média das raízes tuberosas aumentou ao longo do ciclo de desenvolvimento de todos os genótipos (Figura 9c). Entre os 70 e 105 DAP o genótipo 1358 apresentou raízes com massa média superior ao do genótipo Canadense, e os demais genótipos apresentaram valores intermediários de massa média de raízes. Porém, após os 120 DAP a massa média das raízes dos genótipos 1365 e 1358 mantiveram-se estáveis, enquanto que nos demais genótipos a massa média das raízes continuou aumentado até o final do ciclo. Assim, na colheita final, as raízes com maior massa média foram observadas nos genótipos Princesa, BRS Rubissol e Canadense, enquanto que os menores valores de massa média de raízes tuberosas ocorreram com os genótipos 1365 e 1358 com as massas respectivas de 169, 152, 150, 102 e 94 g.

As produtividades total e comercial aumentaram ao longo das avaliações em todos os genótipos (Figura 10). No genótipo 1365 a produtividade total foi maior do que nos outros genótipos até os 150 DAP, mas na colheita final apenas os genótipos 1358 e Princesa apresentaram produtividade total inferior aos demais genótipos (Figura 10a). Todos os genótipos apresentaram os maiores valores de produtividade total na colheita final aos 165 DAP. Os valores de produtividade total de raízes tuberosas foram aproximadamente de 27,2, 26,7, 25,0, 19,7 e 17,7 t ha^{-1}, para os respectivos genótipos Canadense,1365, BRS Rubissol, Princesa e 1358. No estudo conduzido por Ribeiro (2020), o genótipo Canadense apresentou produtividade total abaixo de 17 t ha^{-1}, mas Nunes (2019) obteve valores de produtividade de 25,7 t ha^{-1} para esse genótipo de batata-doce. Produtividades totais entre 27,6 e 30 t ha^{-1} tem sido obtidas em estudos com o genótipo BRS Rubissol (RIZZOLO, 2014; TRONI et al., 2019).

Os genótipos Canadense e Princesa apresentaram as menores produtividades comerciais entre 90 e 105 DAP, enquanto que os genótipos 1365 e 1358 atingiram as máximas produtividade comerciais aos 120 DAP, com valores ao redor de 14 t ha^{-1} (Figura 10b). Após os 120 DAP a produtividade comercial dos genótipos Canadense, BRS Rubissol e Princesa continuou aumentando até a colheita final (165 DAP). Dessa forma, na colheita final, as maiores produtividades comerciais ocorreram na seguinte ordem dos genótipos Canadense, BRS Rubissol, Princesa, 1365 e 1358 com valores de 24,6, 21,6, 16,5, 14,4 e 13,4 t ha^{-1}, respectivamente. O genótipo Princesa obteve uma produtividade cerca de 3,5 t ha^{-1} inferior a média descrita por Miranda et al. (1995). A média de produtividade

comercial de raízes tuberosas do genótipo Canadense em três ciclos de ensaios conduzidos por Nunes (2019) foi de 21 t ha^{-1}. Poucos são os trabalhos com os genótipos 1365 e 1358, porém na pesquisa realizada por Santos (2015) os valores de produtividade comercial obtidos para esses genótipos foram de 14 e 13 t ha^{-1}, respectivamente.

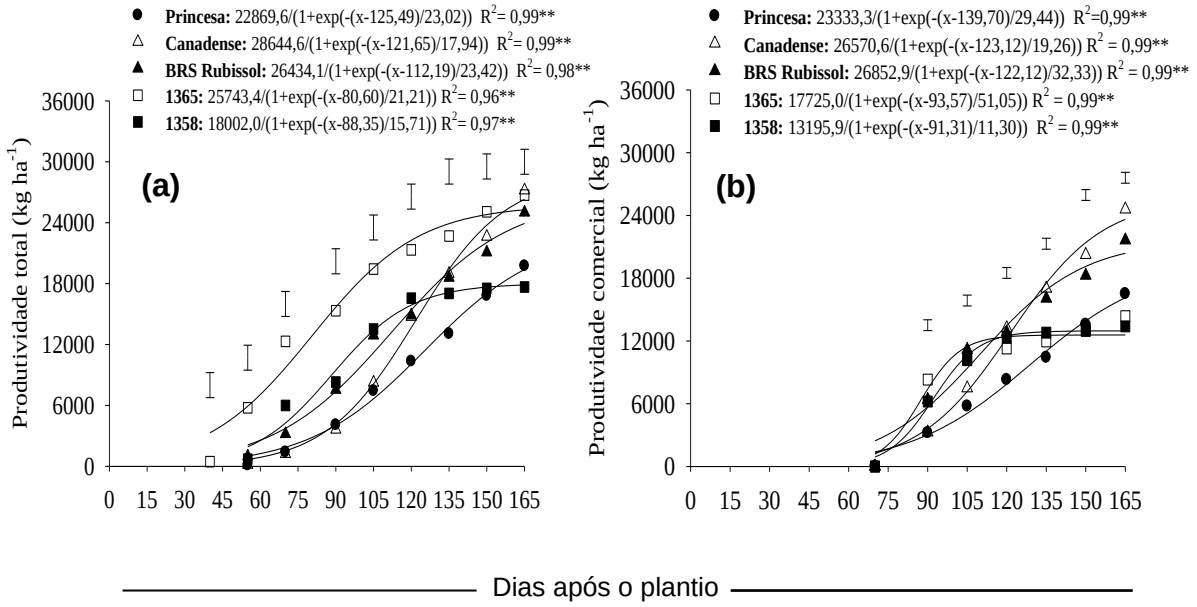


Figura 10. Produtividade total (a) e comercial (b) de raízes tuberosas de cinco genótipos de batata-doce durante o ciclo de desenvolvimento. ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey (p≤0,05).

A população de plantas não diferiu significativamente entre os genótipos avaliados (Tabela 2), valores que variaram de 33.333 a 36.667 plantas ha^{-1}, população essa maior que as descrirtas por Figueiredo (2019) e Ribeiro (2020).

Na colheita final aos 165 DAP, o genótipo 1365 apresentou número total de raízes maior do que os demais genótipos, os quais não diferiram entre si. Porém, o genótipo Canadense apresentou o maior número de raízes comerciais por planta e o menor número de raízes comerciais ocorreu no genótipo 1365.

A massa média das raízes dos genótipos Princesa, Canadense e BRS Rubissol foi maior do que nos outros dois genótipos de polpa alaranjada. Os genótipos Princesa e 1358 apresentaram menor produtividade total comparados aos

demais genótipos, mas as maiores produtividades comerciais ocorreram no genótipo Canadense, seguida do genótipo BRS Rubissol. Vale destacar que o genótipo Canadense apresentou a maior porcentagem de produtividade comercial, ou seja, 90,5% da produtividade total eram composta por raízes de padrão comercial, enquanto que nos genótipos 1365 e 1358 de polpa alaranjada esses valores ficaram entre e 54,0 e76,0 %, respectivamente.

Tabela 2. População final de plantas, número total e comercial de raiz por planta, massa média das raízes, produtividade total, comercial e porcentagem de produtividade comercial de cinco genótipos de batata-doce no momento da colheita final (165 DAP).

Genótipos	População Final	Raízes por planta		Massa média das raízes	Produtividade de raízes		
		Total	Comercial		Total	Comercial	% Comercial
	pl ha^{-1}	nº pl^{-1}		g	kg ha^{-1}		
Princesa	33.333a	3,5c	2,1b	168a	19.733b	16.502c	83,5c
Canadense	34.167a	5,0b	3,2a	150b	27.181a	24.588a	90,5a
BRS Rubissol	36.667a	4,6bc	2,7ab	152ab	24.996a	21.624b	86,8b
1365	36.667a	9,0a	2,4b	102c	26.719a	14.374d	54,0e
1358	36.667a	5,1b	2,6ab	94c	17.667b	13.402d	76,0d
CV (%)	10,50	10,55	13,01	5,99	3,03	3,50	1,21

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à distribuição da produtividade de raízes por padrão de classe, observa-se que o genótipo 1365 apresentou uma alta produtividade de raízes de 80-150 g, enquanto que os genótipos Princesa e Canadense produziram poucas raízes nesse padrão de classe (Tabela 3). Os genótipos BRS Rubissol e Canadense apresentaram uma alta produtividade de raízes na classe de 151-250 g. No entanto, as maiores produtividades de raízes com padrão comercial entre 251 e 500 g ocorreram no genótipo Canadense e as menores nos genótipos de polpa alaranjada, com os genótipos BRS Rubissol e Princesa apresentando valores intermediários. Os dois genótipos de polpa alaranjada não apresentaram produção de raízes na última classe comercial, ou seja, entre 501 e 800 g, mas apresentaram alta produtividade de raízes não comerciais.

Tabela 3. Distribuição da produtividade de raízes tuberosas de cinco genótipos de batata-doce por padrão de classe das raízes no momento da colheita final (165 DAP).

Genótipos	Produtividade de raízes (kg ha^{-1})				
	80 - 150 g	151 - 250 g	251 - 500 g	501 – 800 g	Não comercial
Princesa	3.405e	3.778c	7.333b	1.984b	3.230cd
Canadense	4.923d	6.878a	9.346a	3.441a	2.593d
BRS Rubissol	5.852c	7.428a	7.409b	936c	3.372c
1365	10.410a	3.238c	727d	0d	12.345a
1358	6.402b	5.255b	1.745c	0d	4.266b
CV (%)	3,90	5,81	6,13	9,77	6,32

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4.3 Parâmetros de qualidade das raízes tuberosas

O teor de MS das raízes tuberosas aumentou ao longo do ciclo em todos os genótipos, com exceção do genótipo 1365 que a partir dos 120 DAP teve um decréscimo (Figura 11a). Contudo, na maioria dos genótipos os maiores incrementos nos teores de MS das raízes tuberosas ocorreram até os 120 DAP. Os genótipos BRS Rubissol e Princesa apresentaram teores de MS maiores do que nos genótipos Canadense e 1365 a partir dos 90 DAP até o final do ciclo. No final do ciclo, os teores de MS nas raízes tuberosas dos genótipos BRS Rubissol, Princesa e 1358 foram de 33,6, 30,4 e 29,9 % respectivamente. O genótipo 1365 apresentou valores similares aos do genótipo Canadense com teores de MS em torno de 24-25%, ou seja, teores de MS mais indicados para o comércio *in natura*. Miranda et al. (1995) citam que nas raízes de polpa branca, creme e amarela o teor de MS pode variar de 22,3 a 40,9%. Nunes (2019) observou que no cultivo de verão os genótipos Canadense e Uruguaiana apresentaram teores de MS de 24,9 e 20,1 %, respectivamente. Os teores de MS encontrados nos genótipos BRS Rubissol, Princesa e 1358 são interessantes para indústria de processamento de batata-doce, uma vez que quanto maior o teor de MS mais favorável para o rendimento e extração de amido devido à menor quantidade de água residual das raízes tuberosas (CEREDA, 2001; SANTOS, 2015).

Os teores de cinzas nas raízes tuberosas de todos os genótipos aumentaram após o início do ciclo de desenvolvimento das raízes tuberosas (Figura 11b). Porém, o teor de cinzas das raízes tuberosas apresentou variação entre os genótipos ao longo do ciclo de desenvolvimento. As raízes tuberosas dos genótipos BRS Rubissol e Princesa atingiram os valores máximos de teor de cinzas após os 105 DAP, mas nos demais genótipos o pico de máximo teor de cinzas nas raízes tuberosas ocorreu antes dessa época. Entre os 120 e 150 DAP os teores de cinzas nas raízes tuberosas dos genótipos BRS Rubissol e Princesa foram maiores do que nos demais genótipos, os quais não diferiram significativamente. Os maiores teores de cinzas foram estimados em 1,43, 1,04, 1,53, 1,08 e 1,11% para os genótipos Princesa, Canadense, BRS Rubissol, 1365 e 1358, respectivamente. Os teores de cinzas obtidos nos genótipos do presente estudo estão próximos com os valores classificados por outros autores para a cultura de batata-doce, que citam valores na faixa de 0,6 a 1,7% (MIRANDA et al., 1995; ARAÚJO et al., 2018; NUNES, 2019).

Os teores de fibras das raízes tuberosas de todos os genótipos de batata-doce diminuíram no decorrer do ciclo da cultura (Figura 11c). Houve diferença significativa nos teores de fibras dos genótipos estudados apenas durante a fase inicial de desenvolvimento das raízes tuberosas, ou seja, até os 90 DAP. As raízes tuberosas dos genótipos Princesa e Canadense se mostraram mais fibrosas entre os 60 e 75 DAP, enquanto as raízes menos fibrosas foram as do genótipo 1365. Porém, a partir dos 90 DAP os teores de fibras não diferiram significativamente entre os genótipos estudados. Na última coleta, aos 165 DAP, os teores de fibras eram de 1,04, 0,96, 0,88, 1,07 e 0,93% para os genótipos Princesa, Canadense, BRS Rubissol, 1365 e 1358, respectivamente. Os teores encontrados no atual estudo são inferiores aos descritos por Leonel et al. (1998) e Araújo et al. (2018) que oscilaram de 1,59 a 5,02%. Para a indústria de processamento de amido, altos teores de fibras nas raízes tuberosas não são interessantes, pois as fibras retêm parte do amido durante o seu processo de extração, o que onera os custos do processo de produção (FRANCO et al., 2001 e SANTOS, 2015).

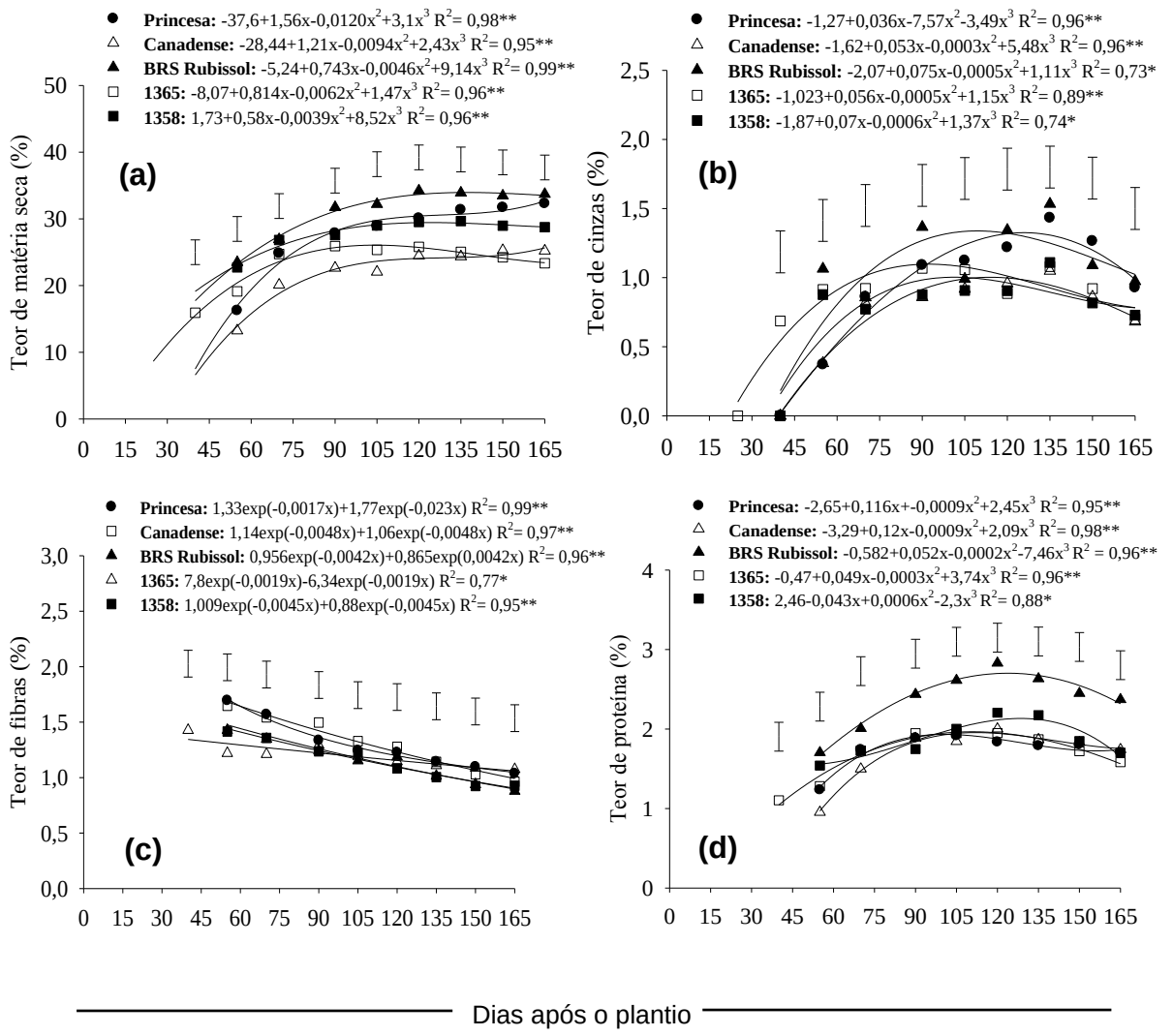


Figura 11. Teores de matéria seca (MS) (a), cinzas (b), fibras (c) e proteínas (d) nas raízes tuberosas de cinco genótipos de batata-doce durante o ciclo de desenvolvimento. * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Os teores de proteínas das raízes tuberosas variaram em todos os genótipos de forma diferente ao longo do ciclo de desenvolvimento (Figura 11d). Nos genótipos Canadense, Princesa e 1365 as raízes atingiram os teores máximos de proteína antes dos 120 DAP, mas nos genótipos BRS Rubissol e 1358 o teor máximo de proteína das raízes foi atingido após esse período. Até os 70 DAP o genótipo Canadense apesentou teores de proteína nas raízes inferiores aos do genótipo BRS Rubissol.

Porém, dos 70 DAP até o final do ciclo o genótipo BRS Rubissol apresentou teores de proteína nas raízes superiores aos dos demais genótipos, os quais não diferiram entre si. Na colheita final, aos 165 DAP, os teores de proteína foram de 2,37, 1,74, 1,71, 1,70 e 1,58 % para os genótipos BRS Rubissol, Canadense, Princesa, 1358 e 1365, respectivamente. Santos (2015) observou teores de proteína menores do que os obtidos nesse estudo para os genótipos Canadense, 1365 e 1358, cujos valores foram de 1,03, 1,34 e 1,05%, respectivamente. Os teores de proteína nas raízes tuberosas da batata-doce são baixos se comparados com os teores presentes nas folhas (FELTRAN & FABRI, 2010). Viana et al., (2011) relatam que a silagem feita com a parte aérea do genótipo Princesa apresentou um teor médio de proteína de 10,6%.

Os teores de açúcares redutores e totais das raízes tuberosas da batata-doce aumentaram com o avanço no desenvolvimento das raízes (Figura 12a e 12b). Dos 50 DAP até o final do ciclo verificou-se que o genótipo Princesa apresentou os menores teores de açúcares redutores nas raízes tuberosas, enquanto que os maiores teores de açúcares redutores foram obtidos nas raízes do genótipo 1358, especialmente entre 90 e 135 DAP. Os demais genótipos apresentaram valores intermediários e similares de teores de açúcares redutores nas raízes tuberosas entre 90 e 135 DAP. Porém, no final do ciclo, os teores de açúcares redutores nas raízes dos genótipos BRS Rubissol, 1365 e 1358 não diferiram e foram maiores do que nos genótipos Canadense e Princesa. Os maiores teores de açúcares redutores foram aos 150 DAP para os genótipos 1358 e Canadense com valores de 2,59 e 1,97%, respectivamente. Os genótipos BRS Rubissol, 1365 e Princesa apresentaram os máximos teores de açúcares redutores aos 165 DAP com valores de 2,48, 2,42 e 1,52%, respectivamente. Os teores de açúcares redutores descritos por Nunes (2019) e Ribeiro (2020), para o genótipo Canadense foram menores que os do presente estudo. Além disso, os teores de açúcares redutores obtidos neste estudo estão abaixo dos teores de 4,8 a 7,8% descritos por Miranda et al., (1995) para raízes de polpa branca, creme e amarela.

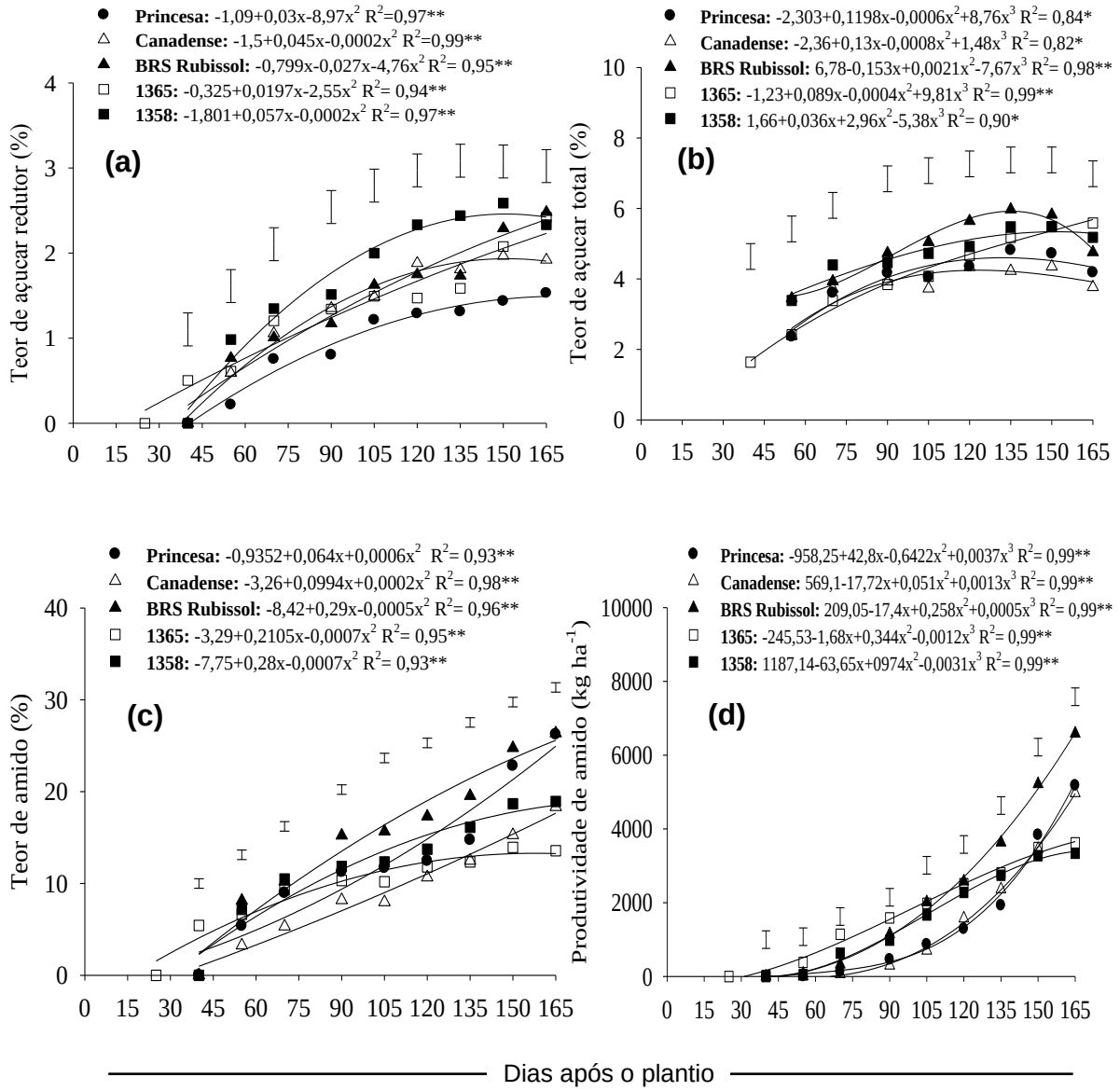


Figura 12. Teores de açúcares redutores (a), açúcares totais (b), e amido (c) nas raízes tuberosas e produtividade de amido (d) de cinco genótipos de batata-doce durante o ciclo de desenvolvimento. * e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Quanto aos teores de açúcares totais nas raízes tuberosas, houve instabilidade nos valores de todos os genótipos ao longo do desenvolvimento das raízes (Figura 12b). Nos genótipos 1365 e 1358 os teores de açúcares totais aumentaram até próximo do final do ciclo, mas nos demais genótipos os teores de açúcares totais atingiram os valores máximos entre 120 e 135 DAP. Entre 105 e 150 DAP os maiores teores de açúcares totais ocorreram nos genótipos BRS Rubissol e 1358, e a partir dos 135 DAP até o final do ciclo os menores teores de açúcares

totais ocorreram nos genótipos Princesa e Canadense. Na colheita final, aos 165 DAP, os genótipos 1365 e 1358 apresentaram teores de açúcar total maiores do que nos genótipos BRS Rubissol, Princesa e Canadense, sendo esses teores de 5,58, 5,18, 4,75, 4,18 e 3,76%, respectivamente. Leonel e Cereda (2002) encontraram um teor de 6,99% de açúcares totais no genótipo analisado, valor superior aos descritos neste trabalho. Porém, Santos (2015) obteve teores de açúcares totais de 3,03, 2,83 e 1,62% para os genótipos 1365, 1358 e Canadense, respectivamente. Esses resultados indicam que os genótipos de polpa alaranjada apresentam raízes tuberosas mais adocicadas e que as concentrações de açúcares redutores e totais variam de acordo com o genótipo, clima, regime hídrico entre outros fatores.

Houve aumento no teor de amido das raízes tuberosas após o início da tuberização em todos os genótipos (Figura 12c). No genótipo 1365 o teor de amido das raízes tuberosas aumentou até os 135 DAP e manteve-se estável até o final do ciclo. Porém, nos demais genótipos os teores de amido das raízes aumentaram até o final do ciclo. Até os 105 DAP o genótipo Canadense apresentou os menores teores de amido nas raízes tuberosas, enquanto os maiores teores de amido durante essa fase inicial do ciclo ocorreram nos genótipos 1358 e BRS Rubissol. Após os 90 DAP o genótipo BRS Rubissol apresentou os maiores teores de amido nas raízes tuberosas, e nas últimas duas avaliações, os genótipos com maiores teores de amido nas raízes foram BRS Rubissol e Princesa (26,4 e 26,2%), seguidos pelos genótipos 1358 e Canadense (18,9 e 18,3%) e por último o genótipo 1365 (13,6%) que apresentou os menores teores de amido nas raízes. Outros estudos têm sugerido que as cultivares Princesa e BRS Rubissol apresentam teores de amido nas raízes da ordem de 30,7% e 25,6 %, respectivamente (CASTRO & BECKER, 2011; EMBRAPA, 2014), ou seja, teores próximos dos obtidos na presente pesquisa. Miranda et al., (1995), Leonel et al., (1998), Nunes (2019) e Ribeiro 2020 também obtiveram valores similares de teor de amido em raízes tuberosas de diferentes genótipos de batata-doce.

A produtividade de amido diferiu entre os genótipos estudados (Figura 12d). A produtividade de amido foi elevada no genótipo 1365 até os 90 DAP e no período compreendido entre os 90 e 120 DAP as menores produtividades de amido ocorreram nos genótipos Canadense e Princesa. Após os 120 DAP a produtividade de amido aumentou expressivamente nos genótipos BRS Rubissol, Princesa e Canadense. Assim, nas últimas colheitas as maiores produtividades de amido

ocorreram no genótipo BRS Rubissol, seguido dos genótipos Canadense e Princesa com valores de produtividade de 6.584, 5.178 e 4.970 kg ha^{-1}, respectivamente. No final do ciclo as menores produtividades de amido ocorreram nos genótipos 1358 e 1365, com valores de produtividade de 3.339 e 3.623 kg ha^{-1}.

Os resultados deste estudo indicam que os genótipos de polpa alaranjada (1365 e 1358) acumulam mais açúcares em suas raízes ao invés de amido e, por apresentar menor produtividade de raízes, não são competitivos com os outros genótipos em relação à produtividade de amido nas colheitas tardias. Porém, como são genótipos precoces, se forem colhidas com 105 ou 120 DAP, eles apresentam uma produtividade de amido maior do que a dos genótipos Princesa e Canadense.

5 CONCLUSÕES

Os genótipos BRS Rubissol e Canadense apresentaram os maiores acúmulos de MS na planta inteira entre os 120 e 165 DAP. Os genótipos 1365 e 1358 foram mais precoces e estabilizaram o acúmulo de MS na planta inteira a partir dos 120 DAP. O genótipo Princesa obteve valores intermediários de acúmulo de MS na planta inteira em todas as épocas de coleta.

O genótipo Canadense obteve a maior produtividade comercial, seguidos pelos genótipos BRS Rubissol e Princesa. O genótipo 1365 se mostrou precoce ao apresentar raízes tuberosas aos 40 DAP, mas aos 165 DAP não deferiu do genótipo Canadense e BRS Rubissol na produtividade total.

A cultivar BRS Rubissol apresentou maiores teores de matéria seca, proteína e amido nas raízes tuberosas. Nos genótipos de 1365 e 1358 os teores de açúcares totais aumentaram até próximo do final do ciclo e foram maiores do que nos clones Canadense e Princesa, o que indica que os genótipos de polpa alaranjada apresentam raízes tuberosas mais adocicadas e agradáveis para o consumo *in natura.*

REFERÊNCIAS

AACC- American Association of Cereal Chemists . Aproved Methods os the American association of Cereal Chemists – **AACCI Method 32-10.01 – Crude Fibers in Flours, Feeds and Feedstuffs,** St. Paul, 1975.

AGROSTAT. **Estatísticas do comercio exterior brasileiro**. Tabela de exportação de batata-doce. Brasília 2019. Disponível em< http://indicadores. agricultura.gov.br /index.htm> . Acesso em: Ago/2021

AGROSTAT. Estatísticas do comercio exterior brasileiro. **Tabela de exportação de batata-doce**. Brasília 2020. Disponível em< http://indicadores. agricultura.gov.br /index.htm> . Acesso em: Ago/2021

AMARO, G. B. et al. Desempenho de cultivares de batata doce na região do Alto Paranaíba-MG. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p.286-291, 2017. Disponível em: http://www.alice. cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1075523 Acesso em: Set/2021.

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry international**. 18.ed. Gaithersburg, 2005. 1015p.

AOCS- American Oil Chemists Society. Official Methods and recommended pratices of the AOCS. **Crude Fiber Analysis in feeds by Filter Bag** Technique Ba 6ª-05. 6ed. Chicago: American Oil Chemists Society, 2009.

ARAÚJO, K. A. et al. Propriedades químicas e efeito do processamento térmico nas variedades de batata doce [Ipomoea batatas (L.) Lam] comercializadas em Natal/RN. **Revista da Saúde e Biotecnologia**. v. 1, 2018.

BARRERA, P. **Batata-doce: uma das doze mais importantes culturas do mundo**. São Paulo: Ícone Editora, Coleção Brasil Agrícola, 91p, 1986.

BASUALDO, C.C. **Alimentos ricos em fibras**. Hospital Sírio Libanês – São Paulo, 2014. Disponível em <https://www.hospitalsiriolibanes.org.br/sua-saude/ Paginas/ alimentos-ricos-fibras-ajudam-funcao-intestinal.aspx. Acesso em Set/2020.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas).** Jaboticabal : Funep, 41p, 2003.

BROTHERHOOD, P. B. **Batata doce roxa ou branca: Quais são as diferenças entre elas?**. Revista sua vida. São Paulo, 2017. Disponível em <https://www.conquistesuavida.com.br/noticia/batata-doce-roxa-ou-branca-quais-sao-as-diferencas-entre-elas-entenda_a6134/1> Acesso em Out/2021.

CARDOSO, M. J. et al. Partição de assimilados e produção de matéria seca de milho em dois sistemas de associação com feijão Phaseolus vulgares L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 34, n. 191, p. 71-89, 1987.

CASTRO, L. A. S. BECKER, **A. Batata-doce BRS Rubissol**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado. Pelotas/RS – 2011. Disponível em:< https://ainfo.cnptia.embrapa.br/ digital/bitstream/item/54914/1/BRS-Rubissol-Castro-Suita.pdf>.Acesso em Ago/2019.

CAVALCANTE, M et al. Potenciais produtivo e genético de clones de batata-doce. **Acta Scientiarum Agronomy**. 2009 v. 31, n. 3 Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v31i3.835> Acesso em Ago/2021.

CEAGESP - COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO - **Cartilha Técnica: A Medida das Hortaliças**. São Paulo/SP - Ceagesp. Centro de Qualidade, Pesquisa e Desenvolvimento, 2017.

CEAGESP - COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO – **Normas de Classificação – Programa Brasileiro para a modernização da horticultura "Batata-doce".** São Paulo/SP - CEAGESP. Centro de Qualidade em Horticultura do CEAGESP, 2014.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos.** 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

CEREDA, M. P. Potencial de tuberosas sul americanas em uso culinário e uso industrial. In: **Simpósio Latino Americano de Raíces y Tubérculos**, 2., 2001, Lima. 2001.

CHISTÉ, R. C. et al. Quantificação de cianeto total nas etapas de processa- mento das farinhas de mandioca dos grupos seca e d'água. **Acta Amazônica**. v. 40, n. 1, p. 221–226, 2010.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/Faepe, p.320, 1990.

CIP - CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. **A estratégia e o plano corporativo do Centro Internacional de Batata (CIP) para o período 2014-2023**. Lima: CIP, 2019. Disponível em <https ://cipotato.org/about/corporate-plan/ >. Acesso em: Jun/2019.

CIP - CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. **Facts and figures about sweetpotato**. Lima: CIP, 2010. Disponível em: <https://cipotato.org /crops /sweetpotato/sweetpotato-cont/ > . Acesso em: Jul/2019.

CONCEIÇÂO, M. K. et al. Análise de crescimento de plantas de batata-doce (Ipomoea batatas (L.) LAM) cultivares abobora e da costa. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas/RS, v. 11, n. 3, p. 273-278, 2005.

CRUZ, J. L. et al. Crescimento e partição de matéria seca e de carbono no mamoeiro em resposta à nutrição nitrogenada. **Bragantia**. 2004, v. 63, n. 3 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052004000300005> Acesso em Out/2020.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009. Disponível em < http://200.145.140.50/ojs1/viewarticle.php?id=396&layout =abstract> Acesso em Set/2020

ECHER, F. R. et al., Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 27, p.176-182, 2009.

ECHER, F. R. et al. **Nutrição e adubação de batata-doce.** Presidente Prudente/SP. Ed do autor, 2015. 94p

ECHER, F.R.; FERNANDES, A. M. Nutrição na batata-doce. Brasília: Embrapa Hortaliças, **Sistema de Produção da Batata-doce**. 2021. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_lifecycle=0&p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_col_count=1&p_p> Acesso em Ago/2021

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - **Cultivares da Embrapa Hortaliças (1981-2013)** – Brasília, Embrapa Hortaliças. – 2014. 182p

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - **Sistemas de Produção - Como plantar batata-doce versão eletrônica –** Brasília, Embrapa Hortaliças. – 2008.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Sweet Potato in the world- 1961-2020.** Disponível em : <http://www.fao.org/faostat/en/# search/sweet% 20potatoes> Acesso em Jun/2021.

FARIA, V. C. et al. Influência do índice glicêmico na glicemia em exercício físico aeróbico. **Motriz: rev. educ. fis.** (Online) , Rio Claro, v. 17, n. 3, pág. 395-405, setembro de 2011.

FELTRAN, J. C. FABRI, E. G. **Batata-doce uma cultura versátil**, porém subutilizada. Nosso Alho, n. 6, p. 28–31, 2010.

FERNANDES, A.M. **Crescimento, produtividade, acúmulo e exportação de nutrientes em cultivares de batata (Solanum tuberosum l.)** Dissertação. Faculdade de Ciências Agronômica/UNESP. Botucatu/SP, 2010.

FERNANDES, A.M. et al. Yield and Nitrogen Use Efficiency of Sweet Potato in Response to Cover Crop and Nitrogen Management. **Agronomy Journal.** v. 110 n. 5, p. 2004-2015. 2018.

FERNANDES, F.M. **Estimativa da necessidade de nitrogênio na cultura da batata com base no índice relativo de clorofila.** Dissertação. Faculdade de Ciências Agronômica/UNESP. Botucatu/SP, 2017.

FERREIRA, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, 35, 1039-1042. Disponível em: https://doi.org/10.1590/ S1413-705420110006 00001 Acesso em: Junho de 2020.

FERREIRA, M. A. M. **Crescimento e acúmulo de nutrientes na cultura da batata-doce**. 2017. 51 p. Dissertação Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina/MG, 2017.

FIGUEIREDO A. F. **Armazenamento de ramas, tipos de estacas, profundidade de plantio e análise do crescimento de batata-doce [Ipomoea batatas (L) Lam.].** Dissertação. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/MG 1993.

FIGUEIREDO, R. T. **Manejo da adubação potássica na cultura da batata-doce.** Dissertação. Faculdade de Ciências Agronômica/UNESP. Botucatu/SP, 2019.

FOLQUER, F. **LA BATATA (CAMOTE) Estudio de la planta y su produccion comercial**. Ed. Hemisferio sur. 145 p., 1978.

FRANCO, C. M. L. et al. **Propriedades gerais do amido: série culturas de tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, p. 224, 2001.

GAVA, G. J. C. et al. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-planta cultivada em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1347-1354, nov. 2001.

GOBBI, K. F. et al. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia.** 2011, v. 40, n. 7. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700006>. Acesso em Out/2021.

GOLLA, A.R. et al . Multiplicação de material vegetativo de batata-doce em diferentes bandejas e produção de raízes. **Pesquisa & Tecnologia**, v.7, n.1, 7p. 2010. Disponível em: <http://www.aptaregional.sp.gov.br/index. php /pesquisa-a-tecnologia>. Acesso em: Ago/2020.

GOTTEMS, L. **Conheça o promissor mercado de Batata-doce mundial.** Brasil, 2017. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/conheca-o-promissor-mercado-de-batata-doce-mundial_400541.html >. Acesso em Set/2019.

GUEDES, P. T. P. et al. **Custos de produção e receita de uma lavoura de batata-doce na região de Presidente Prudente**. 9ª Jornada cientifica e tecnológica da Fatec Botucatu. Botucatu/SP. 2020.

HORWITZ, W.; LATIMER JUNIOR, G.W. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International**. 18th ed. Gaythersburg: AOAC International, 2005.

HUAMÁN, Z. (Ed.). **Descriptors for sweet potato** Rome: International Board for Genetic Resources/Centro Internacional de la Papa/Asian Vegetable Research and Development Center, 1991. 134 p.

IEA- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - **Estatísticas da Produção Agrícola Paulista 2019- Batata-doce**. Secretaria de Agricultura e Abastecimento, São Paulo,SP.2020. Disponível em <http://ciagri.iea.sp.gov.br/ nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1> Acesso em Set/2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo, 1020 p. 2008.

JENKINS, D. J. et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Houston, v.34, n.3, p.362-366, mar. 1981.

KALKMANN, D.C. **Produtividade, qualidade de raiz, resistência aos insetos de solo e aos nematoides-das-galhas e estimativas e parâmetros genéticos em clones de batata-doce, cultivadas no Distrito Federal**. Dissertação. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2011.

KLEIN, C. SORDI, A. DE CARLI, E. M. **Avaliação sensorial de batata doce biofortificados**. Seminário de Iniciação Científica e Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão. 2018. Disponível em: <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/siepe/article/view/18450> Acesso em: Mai/2021.

LAURIE, S. et al. Biofortification of sweet potato for food and nutrition security in South Africa. **Food Research** International, v. 76, n. 4, p. 962-970, 2015.

LEAL, M.A.A. et al. **A cultura da batata-doce: perspectivas, tecnologias e viabilidade** . Niterói: PESAGRO-RIO, 28p. 2001.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.1, p.65-69, 2002.

LEONEL, M. et al. PROCESSAMENTO INDUSTRIAL DE FÉCULA DE MANDIOCA E BATATA DOCE - UM ESTUDO DE CASO. **Food Science and Technology** (Campinas). Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 18, n. 3, p. 343-345, 1998. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/28097>. Acesso em Set/2020.

LIMA, R. **Batata-doce: valor nutricional e benefícios.** Portugal, 2016 . Disponível em : <https://www.vidaativa.pt/a/batata-doce-valor-nutricional/> Acesso em Agosto de 2020.

LOPES, N. F. MAESTRI, M. Análise de crescimento e conservação de energia solar em populações de milho (Zea mays L.) em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.20, n. 109, p. 189-201, 1973.

LOW, J.W. et al. **Batata Doce de Polpa Cor Alaranjada - Parcerias Prometedoras para Assegurar a Integração dos Aspectos Nutricionais na Investigação e Extensão Agrícola.** Universidade Estadual de Michigan, Departamento de Agricultura, Alimentação e Economia de Recursos. 2000. Disponível em : <https://econpapers.repec.org/paper/agsmidcpb/55216.htm> Acesso em Ago/2019.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (eds.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Edusp, 1979. v.1, p.331-349. GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W.; PENATTI, C.P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto ou não com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.11, p.1347-1354, 2001.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 319p. 1997.

MAPA- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - **Cultivar Web – Registro de cultivares de batata-doce**. MAPA, Brasília, DF. 2020. Disponível em: <http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/ cultivares_registradas.php > Acesso em Out/2020.

MASSAROTO, J.A. **Características agronômicas e produção de silagem de clones de batata-doce.** Tese - Universidade Federal de Lavras/MG. 2008.

MCGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **Horticultural Science**, v.27, p.1254-1255, 1992.

MEDEIROS, J.G. et al. Análise de crescimento em duas cultivares de batata-doce. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal.** V2 : p. 23-29, 1990.

MENON, D.; SANTOS, J. S. Consumo de proteína por praticantes de musculação que objetivam hipertrofia muscular. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.18, n.1, p.8-12, fev. 2012 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-8692201 200010000 1&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em Out/2020.

MIRANDA, J. E. C. et al. **A cultura da batata-doce**. Brasília: EMBRAPA-CNPH. (Coleção Plantar). 94 p, 1995.

MONTEIRO, D. A. PERESSIN, V.A. Raízes e Tubérculos – Batata-doce e cará. *In:* RAIJ, B.V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997 Cap. 21 p 221-229. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

MONTES, S.M.N.M. **Cultura da batata-doce: do plantio a comercialização**. Campinas : Instituto Agronômico, 2013. 80p

MOREIRA, J. N. et al. Caracteres Agronômicos de cultivares de batata-doce: I – colheita aos quatro meses. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, 2004.

NASCIMENTO, K. O. et al. Physicochemical characteristics of tubers from organic sweet potato roots. **Revista Caatinga**. n.28, v. 2, p.225 – 34, 2015.

NELSON, N. Aphotometric adaptation of Somogi method for determination of glicose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 153, p. 375-380, 1944.

NUNES, J. G. S. **Efeitos das épocas de plantio e das doses de fósforo sobre a produtividade e qualidade de cultivares de batata-doce**. Dissertação. Faculdade de Ciências Agronômica/UNESP. Botucatu/SP, 2019.

OLIVEIRA, A. P. et al. Produção de raízes de batata-doce em função do uso de doses de N aplicadas no solo e via foliar. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 279-282, 2006.

PERESSIN, V. A; FELTRAN, J. C.. In: AGUIAR, A. T. E. et al. (editores). **Boletim 200**. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. Campinas: IAC, 2014. p. 59-61.

QUEIROGA, R. C. F. et al . Fisiologia e produção de cultivares de batata-doce em função da época de colheita. **Horticultura brasileira**. Brasília, v. 25, n. 3, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/ scielo.php ?script =sci_arttext&pid=S0102-05362007000300010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em Out/ 2020.

RAIJ, B.V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RIBEIRO, N.P. **Resposta da batata-doce a adubação nitrogenada associada ao uso de Placobutrazol.** Tese. Faculdade de Ciências Agronômica/UNESP. Botucatu/SP, 2020.

RIZZOLO, J. A. **Estudos para o aproveitamento biotecnológico de variedades de batata-doce [Ipomoea batatas (l.) lam] na fermentação alcoólica para a produção de etanol combustível e aguardente**. Tese. Universidade Federal do Paraná /UFPR. Curitiba/PR, 2014.

RÓS, A. B et al. **Produtividade de batata-doce e propriedades físicas e químicas de solo em função de adubação orgânica e mineral.** Seminário de Ciências Agrárias, Londrina/PR, 2014.

RÓS, A.B. et al. Batata-doce. *In*: LEONEL, M. et al. **Culturas Amilaceas – Batata-doce, Inhame, Mandioca e Mandioquinha – Salsa**. 1ª ed. Botucatu/ SP. CERAT/UNESP, 2015. Cap. 1, p. 15-120.

SANTOS, A. M. F. **Batata-doce: resistência a nematoides de galhas e caracterização físico-química de clones promissores em betacaroteno.** Tese - Faculdade de Ciências Agronômica/UNESP. Botucatu/SP, 2015.

SANTOS, J.F et al. Produção de batata-doce adubada com esterco bovino em solo com baixo teor de matéria orgânica. **Horticultura Brasileira**, Brasilia/DF, v. 24, n. 1, p. 103-106, 2006.

SANTOS, L. A. et al . Crescimento, índices fisiológicos e produtividade de cultivares de feijoeiro sob diferentes níveis de adubação. **Revista Ceres**, Viçosa , v. 62, n. 1, p. 107-116, fev. 2015 . Disponível em <http://www .scielo.br/scielo .php?script =sci_arttext&pid=S0034-737X2015000100107& lng=pt&nrm=iso>. Acesso em Out/2020.

SHARMA, B. D. et al. Growth analysis of potato varieties in autumn in subtropical conditions. **New Botanist,** Lucknow, v. 20, n. 54, p. 55-64, 1993.

SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Tabela 5447 - Número de estabelecimentos agropecuários e Quantidade produzida, por produtos da horticultura - resultados preliminares 2020.** IBGE, Brasília, DF. 2020. Disponível em:< https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/5447 >. Acesso em Set/2021

SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Tabela 6619 - Número de estabelecimentos agropecuários e Quantidade produzida, por produtos da horticultura - resultados preliminares 2019.** IBGE, Brasília, DF. 2019. Disponível em:< https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6619 >. Acesso em Set/2019.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 235p

SILVA, J. B. C. et al. **Cultura da batata-doce (Ipomoea batatas L.)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1998. Sistemas de Produção. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/ infoteca/handle/doc/753382 . Acesso em: Jun/2019.

SILVA, J.B.C. et al. Beauregard- **Cultivar testada e indicada de batata-doce**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Embrapa Hortaliças. Brasília/DF- 2011. Disponível em : < https://ainfo.cnptia.embrapa.br/ digital/bitstream/item/195007/1/digitalizar0171.pdf >. Acesso em Ago/2019.

SILVA, L.C. **Análise do Crescimento de Comunidades Vegetais**. Circular Técnica 34 - Campina Grande/PB - Embrapa Algodão – 2000.

SILVEIRA, L. R. et al. Caracterização físico-química e clones de batata-doce de polpa alaranjada nas condições de Palmas - To. **Estudos**, v. 38, n. 2, p. 365–380, 2011.

SOMOGYI, M. A new reagent for the determination of sugars. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 160, p. 61-68, 1945.

TRONI, L. M. et al. Produção, produtividade e características físicas-adicionadas de duas cultivares de batata-doce em sistema de cultivo orgânico. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**. 2019.

VIANA, D. J. S. et al., Potencial de silagens de ramas de batata-doce para alimentação animal. **Ciência Rural**. 2011 v. 41, n. 8 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000800027>. Acesso em Ago/2021

VIZZOTTO, M et al. Composição mineral em genótipos de batata-doce de polpas coloridas e adequação de consumo para grupos de risco. **Brazilian Journal of Food Technology**. 2018, Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.17516>. Acesso em Jul/2021.

WANG, S., SHAOPING, N., ZHU, F. Chemical constituents and health effects of sweet potato. **Food Research International**, v. 89, p.90-116, 2016.

YONEYA, F. **Batata-doce está em plena safra: mesmo em terras arrendadas, produtor tem de zelar pela qualidade, pois parte da produção é exportada**. Estadão.com: notícias. Disponível em: <http://www.estadao.com .br/noticias/ suplementos,batata-doce-esta-em-plena-safra,550589,0.htm>. Acesso em: Set/2019.