



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

JOSÉ BONIFÁCIO MARTINS FILHO

ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS E SOCIAIS DA PRODUÇÃO DE BATATA
DOCE

FORTALEZA – CE
JUNHO/ 2021

JOSÉ BONIFÁCIO MARTINS FILHO

**ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS E SOCIAIS DA PRODUÇÃO DE BATATA
DOCE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção ao Título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e drenagem

Orientador (a): Dr. Raimundo Nonato Távora Costa

FORTALEZA – CE

JUNHO/ 2021

JOSÉ BONIFÁCIO MARTINS FILHO

**ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS E SOCIAIS DA PRODUÇÃO DE BATATA
DOCE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção ao Título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e drenagem

Orientador (a): Dr. Raimundo Nonato Távora Costa

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alan Bernard Oliveira de Sousa

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Rubens Sonsol Gondim

Embrapa Agroindústria Tropical

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, saúde e paz que excede todo entendimento.

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de realização da pós-graduação. À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo apoio financeiro por meio da concessão da bolsa de estudos.

Aos familiares e amigos que me ajudaram no trabalho operacional durante a pesquisa e acima de tudo por estarem ao meu lado durante a pandemia.

Aos professores do PPGEA pelo empenho e dedicação no processo de ensino e aprendizagem.

Muito obrigado !

RESUMO

Dividida em três capítulos, esta dissertação abrange aspectos sociais, econômicos e técnicos da produção de batata doce. No capítulo I, objetivou-se avaliar o panorama de produção de batata doce na serra da Ibiapaba-Ce, foi avaliada a dinâmica de crescimento da quantidade produzida, área plantada e rendimento da batata doce nos nove municípios que compõe a microrregião da Ibiapaba no período de 2010 a 2019. Também foi realizada uma caracterização do sistema de produção da batata doce pela agricultura familiar. Ao longo da década estudada a Ibiapaba saltou de uma produção de 7,9 toneladas para 79,8 toneladas, a área plantada cresceu de 680 para 3.795 hectares, em igual período. O sistema de produção da batata doce na agricultura familiar é extensivo predominando as práticas empíricas e técnicas rudimentares. No capítulo dois avaliou-se a produtividade da batata doce submetida a diferentes níveis de adubação (NPK) associada a diferentes concentrações de regulador de crescimento (RC). Foi realizado um experimento em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 5, sendo 5 níveis de NPK (0 ; 696; 1044; 1392 e 1740 kg ha⁻¹) combinado com 5 concentrações de RC (0; 20; 25; 30 e 35 mL L⁻¹). O número de raízes totais e comerciais é influenciado pelos insumos testados e aumentam linearmente com aumento das doses e concentrações testadas. A produtividade máxima estimada da batata doce é de 43.328,19 kg ha⁻¹, a ser obtida com aplicação de 1.522,64 kg ha⁻¹ de NPK e 34,69 mL L⁻¹ de RC. Doses maiores de NPK favoreceram o aumento da eficiência do uso da água, até alcançar o valor máximo de 8,1 kg m⁻³ com a aplicação da dose de 1740 kg ha⁻¹. O capítulo três apresenta os custos de produção da batata doce na Serra da Ibiapaba, além disso, foi realizada simulações de valor agregado e renda do agricultor para uma unidade de produção familiar que deseja implantar sistema de irrigação. Constatou-se que, em média, para produzir 1,0 kg de batata doce no período analisado foi necessária a despesa total de R\$ 0,47. A produção de batata doce na agricultura familiar apresentou como principal custo a mão de obra (R\$ 6.215,00 por hectare). Essa atividade agrícola permite a manutenção da atividade por agricultores familiares que possuem pequenas propriedades assegurando o nível de reprodução social nas condições estudadas.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas(L.) Lam.* Função de produção. Agricultura familiar

ABSTRACT

Divided into three chapters, this dissertation covers social, economic and technical aspects of sweet potato production. In chapter I, the objective was to evaluate the panorama of sweet potato production in the Ibiapaba-Ce mountains, the dynamics of growth of the amount produced, planted area and sweet potato yield in the nine municipalities that make up the microregion of Ibiapaba in the period were evaluated. from 2010 to 2019. A characterization of the sweet potato production system by family farmers was also carried out. During the decade studied, Ibiapaba jumped from a production of 7.9 tons to 79.8 tons, the planted area grew from 680 to 3,795 hectares, in the same period. The sweet potato production system in family farming is extensive, predominantly empirical practices and rudimentary techniques. Chapter two evaluated the yield of sweet potato subjected to different levels of fertilization (NPK) associated with different concentrations of growth regulator (RC). A randomized block experiment was carried out in a 5 x 5 factorial scheme, with 5 levels of NPK (0 ; 696; 1044; 1392 and 1740 kg ha⁻¹) combined with 5 concentrations of RC (0; 20; 25; 30 and 35 mL L⁻¹). The number of total and commercial roots is influenced by the tested inputs and increases linearly with increasing doses and concentrations tested. The estimated maximum yield of sweet potato is 43,328.19 kg ha⁻¹, to be obtained with the application of 1,522.64 kg ha⁻¹ of NPK and 34.69 mL L⁻¹ of RC. Higher doses of NPK favored an increase in the efficiency of water use, reaching the maximum value of 8.1 kg m⁻³ with the application of a dose of 1740 kg ha⁻¹. Chapter three presents the costs of production of sweet potato in Serra da Ibiapaba, in addition, simulations of added value and farmer income were carried out for a family production unit that wishes to implement an irrigation system. It was found that, on average, to produce 1.0 kg of sweet potato in the period analyzed required a total expense of R\$ 0.47. The production of sweet potato in family farming had the main cost of labor (R\$ 6,215.00 per hectare). This agricultural activity allows the maintenance of the activity by family farmers who own small properties, ensuring the level of social reproduction under the conditions studied.

Keywords: Ipomoea potatoes(L.) Lam. Production function. Family farming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Produtividade da batata doce em nível nacional, estadual e microrregional de 2010 a 2019	17
Figura 2 -	Montículos para plantio de batata doce em Guaraciaba do Norte-CE	18
Figura 3 -	Dinâmica dos preços nominais médios mensais (R\$/kg) de batata doce na CEASA de Tianguá-CE	22
Figura 4 -	Croqui do experimento	30
Figura 5 -	Média de raízes por plantas (MRP) em função de níveis de NPK	34
Figura 6 -	Média de raízes comerciais por plantas (MRCP) em função de níveis de NPK	34
Figura 7 -	Média de raízes por plantas (MRP) em função da concentração de regulador de crescimento	35
Figura 8 -	Média de raízes comerciais por plantas (MRCP) em função da concentração de regulador de crescimento	35
Figura 9 -	Produtividade da água de irrigação (PAir) da batata doce em função de níveis de NPK	38
Figura 10 -	Superfície de resposta do rendimento da batata doce em função das doses de NPK e concentrações de RC	40
Figura 11 -	Isoquantas para o rendimento da batata doce em função das doses de NPK e concentrações de regulador de crescimento	42
Figura 12 -	Valor agregado em função da superfície agrícola útil para a unidade de produção de batata doce	55
Figura 13 -	Renda do agricultor em função da superfície agrícola útil	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Quantidade produzida (Qtd) e área plantada (A) de batata doce nos municípios da Serra da Ibiapaba-CE no período de 2010 a 2019	15
Tabela 2 -	Taxa Geométrica de Crescimento da produção, área plantada e produtividade dos municípios da Serra da Ibiapaba de 2010 a 2019	16
Tabela 3 -	Etapas da produção da batata-doce por agricultores familiares em Guaraciaba do Norte-CE	18
Tabela 4 -	Resultado da análise de solo da área experimental	27
Tabela 5 -	Resultado da análise da qualidade da água de irrigação	28
Tabela 6 -	Resumo da análise de variância de média de raízes por planta (MRP) e média de raízes comerciais por planta (MRCP) em função de NPK e regulador de crescimento	33
Tabela 7 -	Resumo da análise de variância da Produtividade total (PT), produtividade comercial (PC) e produtividade da água de irrigação (PAir) da batata doce ..	36
Tabela 8 -	Produtividade Total da batata doce em função de níveis de NPK e RC	37
Tabela 9 -	Produtividade comercial da batata doce em função de níveis de NPK e RC ..	37
Tabela 10 -	Valores dos coeficientes do modelo estatístico de resposta da produtividade da batata doce as doses de NPK e concentrações de RC, com os respectivos erros, teste (t) e probabilidade (Prob.>F)	39
Tabela 11 -	Produto físico marginal do NPK para as diferentes doses de NPK (valor superior) e produto físico marginal do RC (valor inferior) para as diferentes concentrações de RC	40
Tabela 12 -	Taxas marginais de substituição ($TMS_{X/E}$) de RC por NPK para diferentes níveis de produtividade	41
Tabela 13 -	Custos de produção da batata doce para um ciclo (3 meses) em um hectare	53
Tabela 14 -	Custo médio, custo fixo médio e custo variável médio em reais por quilo e em reais por caixa	54
Tabela 15 -	Custos variáveis, custo de aquisição de sistema de irrigação (custo fixo), Valor bruto de produção e valor agregado da produção	54
Tabela 16 -	Renda do agricultor correspondente a 1,0 ha (produtividade máxima) para as condições com e sem financiamento	56

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	11
2 OBJETIVOS	12
2.1 Gerais	12
2.2 Específicos	12
3 CAPÍTULO 1 - PANORAMA DA PRODUÇÃO DE BATATA DOCE NA SERRA DA IBIAPABA-CEARÁ	13
3.1 Introdução	13
3.2 Metodologia	14
3.3 Resultados e Discussão	15
3.3.1 Histórico de Produção de batata doce na Serra da Ibiapaba-CE	15
3.3.2 Sistema de produção da batata doce na agricultura familiar	17
3.3.3 Comercialização da batata doce	21
3.4 Considerações Finais	22
Referências	22
4 CAPÍTULO 2 - EFEITOS DOS FATORES DE PRODUÇÃO NPK E REGULADOR DE CRESCIMENTO NA PRODUTIVIDADE DA BATATA DOCE IRRIGADA	25
4.1 Introdução	25
4.2 Materiais e Método	27
4.2.1 Descrição da área	27
4.2.2 Sistema e manejo da irrigação	28
4.2.3 Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos	29
4.2.4 Variáveis analisadas	30
4.2.5 Análise estatística	30
4.2.6 Função de produção	31
4.3 Resultados e Discussão	33
4.3.1 Média de raízes por planta e média de raízes comerciais por planta	33
4.3.2 Produtividade total e comercial	36
4.3.3 Produtividade da água de irrigação	37
4.3.4 Função de produção da batata doce	38
4.3.5 Produtos físicos marginais do NPK e regulador de crescimento	40
4.3.6 Taxa marginal de substituição	41
4.3.7 Isoquantas	42
4.4 Conclusões	43

Referências	43
5 CAPÍTULO 3 - CUSTOS DE PRODUÇÃO DA BATATA DOCE E NÍVEL DE REPRODUÇÃO SOCIAL NA AGRICULTURA FAMILIAR	48
5.1 Introdução	48
5.2 Metodologia	49
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
5.3.1 Custos de produção	52
5.3.2 Análise socioeconômica	54
5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
Referências	57

1 INTRODUÇÃO GERAL

A batata doce é uma hortaliça recomendada para alimentação humana por ser uma rica fonte de carboidratos, aliado a isso, na sua composição há presença de alto teores de sais minerais como ferro, cálcio e fósforo, e vitaminas do complexo A e B (OLIVEIRA et al., 2013).

A batata doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) é uma hortaliça pertencente à família *Convolvulaceae*, embora não haja consenso a respeito da sua origem exata, acredita-se que ela seja uma planta oriunda das Américas, com ocorrência entre as regiões da América do Sul e México (SILVA et al., 2015).

O cultivo da batata doce é realizado em todo o território brasileiro devido a sua ampla adaptação climática, rusticidade e facilidade para o cultivo. A importância socioeconômica dessa cultura é notória para a agricultura familiar que é carente de assistência técnica e tecnologias de produção (EMBRAPA, 1995; SILVA et al, 2015).

Há no Brasil uma quantidade grande de cultivares e variedades de batata doce, com elevada diversidade genética entre elas, atualmente, existem 1369 acessos de batata doce em bancos de germoplasma em território nacional (EMBRAPA, 2021). Entretanto, as principais cultivares popularmente conhecidas e cultivadas pelos produtores brasileiros são a Coquinho; Brazlândia-roxa; Brazlândia-branca; Brazlândia-rosada e Princesa (EMBRAPA, 1995).

Dentre as razões que explicam a diversidade genética da batata doce, são relatadas em estudos que se trata de uma planta que possui excelente eficiência reprodutiva tanto sexuada como assexuadamente, e foi introduzida e cultivada em regiões distantes da sua origem (SILVA et al., 2012).

Por ser uma cultura rústica, resistente a pragas e de fácil manejo, muitos produtores negligenciam as técnicas de produção, com isso há uma significativa redução na produtividade da batata doce sem a adoção de um manejo adequado (MANTOVANI et al., 2014). A resistência dessa cultura a agentes patológicos é um aspecto positivo, pois dispensa em muitas ocasiões o uso de defensivos agrícolas (SANTOS NETO et al., 2017), o que acarreta em menores custos de produção.

As principais variedades de batata doce (Brazlândia Roxa, Brazlândia Branca, Brazlândia Rosada, Coquinho, Princesa, Arroba, Paulistinha e Rama Roxa) apresentam maior rendimento (kg/ha) com irrigação, em comparação ao cultivo em sequeiro. A má distribuição das chuvas durante o ciclo da cultura é um fator de risco para a produtividade da batata (RESENDE, 1999).

No que diz respeito a classificação das raízes, não há um padrão estabelecido no Brasil, diversas regiões tem parâmetros próprios de massa, formato, e características visuais

que são determinadas para segregar as batatas para o consumidor final ou para agroindústrias. De maneira geral, entende-se por raízes comerciais aquelas que apresentam bons aspectos físicos para o mercado e as raízes não comerciais aquelas com defeitos ou que tenha volume e/ou massa muito baixos.

2 OBJETIVOS

2.1 Gerais:

- Avaliar o histórico de produção da batata doce na serra da Ibiapaba-CE;
- Analisar a produtividade da batata doce submetida a diferentes doses de NPK associada a diferentes concentrações de regulador de crescimento no tratamento inicial de ramas;
- Determinar custos e rentabilidade da batata doce pela agricultura familiar.

2.2 Objetivos específicos:

- Obter a combinação ideal de dose de fertilizante e concentração regulador de crescimento que corresponde à produtividade máxima;
- Avaliar a produtividade da água da batata doce;
- Determinar valor agregado e renda do agricultor que produz batata doce.

3 CAPÍTULO 1 - PANORAMA DA PRODUÇÃO DE BATATA DOCE NA SERRA DA IBIAPABA-CEARÁ

RESUMO: A batata doce é uma hortaliça produzida em todas as regiões do Brasil, cuja atividade é muito relevante para a agricultura familiar. Considerada uma cultura rústica, muitos municípios apresentam produtividades relativamente baixas quando comparada ao seu real potencial produtivo. Nesse contexto, o objetivo dessa pesquisa foi analisar o panorama de produção da batata doce na Serra da Ibiapaba-CE. Metodologicamente, a pesquisa é dividida em duas partes, sendo a primeira um levantamento de dados secundários da produção agrícola municipal e análise da evolução da produção de batata doce em nove municípios pertencentes a Serra da Ibiapaba, seguida de uma tipificação do processo produtivo da hortaliça em uma propriedade rural familiar no município de Guaraciaba do Norte-CE. A Serra da Ibiapaba apresenta um sólido histórico de crescimento da produção da batata doce que pode ser maximizada com aumento de produtividade. O sistema de produção da batata doce na agricultura familiar é extensivo, sendo as técnicas de produção aplicadas um reflexo da falta de conhecimento técnico dos agricultores.

Palavras-chave: Produção agrícola, Agricultura familiar, *Ipomoea batatas(L.) Lam.*

3.1 INTRODUÇÃO

A produção agrícola familiar possui uma afinidade direta com o cultivo de hortaliças, tendo em vista a produção de hortaliças não requerer demasiado conhecimento técnico dos agricultores, grandes extensões de terra e elevado montante de investimento inicial para ser uma atividade economicamente viável (FAULIN & AZEVEDO, 2003).

A batata doce (*Ipomoea batatas (L.) Lam*) é uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil, cuja produção tem impacto econômico e social direto na geração de emprego e renda para agricultores familiares, principalmente no Nordeste.

No cenário de produção agrícola nacional, em 2019 a produção de batata doce foi de 805,412 mil toneladas produzidas em 57.486 ha, portanto, sendo a produtividade média brasileira cerca de 14 t ha⁻¹. O Nordeste embora seja a região com maior quantidade produzida no país (317,265 mil toneladas) apresenta menor produtividade (11,5 t ha⁻¹) em comparação às demais regiões (IBGE, 2020).

A cultura da batata doce quando submetida a um bom manejo pode alcançar produtividade superior a 40 t ha⁻¹ (ECHER et al., 2009; DELAZARI et al., 2017). Esse dado reitera a necessidade de desenvolver estudos com a cultura e elencar estratégias para melhorar o cultivo no Brasil.

Dentro do contexto de produção nacional, o Estado do Ceará, mesmo sob intensos períodos de déficits hídricos históricos e de clima semiárido, produz uma série de culturas agrícolas. A exemplo, tem-se a Serra da Ibiapaba, localizada no Noroeste do Estado do Ceará, se constituindo em um polo de produção de hortaliças, frutas e olerícolas alicerçado na

agricultura familiar com produção em sistemas orgânicos e convencionais com agricultura irrigada e de sequeiro (ALENCAR et al., 2013; MOURA-FÉ, 2017).

A serra da Ibiapaba é relevante para a economia agrícola do Ceará. Devido a diversificação da produção agrícola, a condições climáticas e nível tecnológico, essa microrregião apresenta produtividade e valor bruto de produção superior a outros polos de produção agrícola no estado (LIMA, 2021).

Em face dessas informações, o objetivo deste trabalho foi analisar o panorama da produção da batata doce na microrregião da Serra da Ibiapaba-CE, abrangendo: I) análise da dinâmica de crescimento da produção da batata doce nos municípios pertencentes a Ibiapaba e II) realizar um levantamento das técnicas de produção pela agricultura familiar.

3.2 METODOLOGIA

A Serra da Ibiapaba está localizada na região noroeste do Estado do Ceará, fazendo parte do grupo de serras úmidas do semiárido nordestino. Ao todo, compõe a Serra da Ibiapaba nove municípios: Carnaubal, Croatá, Guaraciaba do Norte, Ibiapina, Ipu, São Benedito, Tianguá, Ubajara e Viçosa do Ceará (IPECE, 2017).

Este trabalho divide-se em duas seções, sendo a primeira composta por uma análise da dinâmica da produção da batata doce nos nove municípios da Ibiapaba, e a segunda, relacionada às técnicas de produção da batata doce em uma propriedade rural familiar.

Inicialmente, foram coletadas as informações de área plantada, quantidade produzida e produtividade da batata doce oriundos dos Levantamentos Sistemáticos da Produção Agropecuária (LSPA), cujos dados referem-se a séries temporais (2010 - 2019) de cada município pertencente a Serra da Ibiapaba.

Para analisar a evolução da produção, área plantada e produtividade da batata doce foi utilizado o método da Taxa Geométrica de Crescimento (TGC), que expressa o crescimento ou decréscimo de uma série histórica de dados, em termos percentuais, por período de tempo considerado (CUENCA et al., 2015):

$$TGC = \left(\sqrt[n]{\frac{Q_f}{Q_0}} - 1 \right) * 100 \quad (1)$$

Onde:

Q_f = Valor final;

Q_0 = Valor inicial;

n = número de anos no intervalo.

A caracterização do sistema de produção da batata-doce pela agricultura familiar foi realizada pelo método de estudo de caso. As informações foram obtidas por meio do

acompanhamento e monitoramento do plantio da batata doce de abril a agosto de 2020 em lavoura comercial de uma propriedade rural familiar localizada na zona rural de Guaraciaba do Norte.

De caráter descritivo-exploratório, o estudo de caso buscou aprofundar o conhecimento acerca das técnicas de produção e manejo da cultura em um contexto real da agricultura familiar na Ibiapaba.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Histórico de Produção de batata doce na Serra da Ibiapaba-CE

A Tabela 1 apresenta os dados referentes à produção (toneladas) e área plantada (hectares) de batata-doce nos nove municípios da Serra da Ibiapaba no período de 2010 a 2019. Em termos absolutos, a produção na Ibiapaba cresceu quase dez vezes ao longo de uma década, saltando de 7.988 para 79.795 toneladas, enquanto a área plantada cresceu de 680 para 3.795 hectares, cerca de 5,5 vezes, em igual período.

Tabela 1 - Quantidade produzida (Qtd) e área plantada (A) de batata doce nos municípios da Serra da Ibiapaba-CE no período de 2010 a 2019.

Município		2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
Carnaubal	Qtd (t)	2.952	2.610	1.822	1.620	705	1.880	975	805	693	616
	A (ha)	170	155	110	100	75	100	75	70	63	55
Croatá	Qtd (t)	4.050	2.417	1.710	720	900	1.235	1.134	920	820	708
	A (ha)	200	170	150	100	90	95	90	80	72	60
Guaraciaba do Norte	Qtd (t)	13.475	11.228	7.170	4.480	2.100	3.200	1.950	1.550	1.380	1.220
	A (ha)	575	470	500	400	300	200	130	125	115	100
Ibiapina	Qtd (t)	7.950	8.641	5.000	2.800	1.600	1.400	1.885	1.512	1.357	1218
	A (ha)	330	300	250	200	160	100	130	125	115	105
Ipu	Qtd (t)	4.973	6.413	3.450	1.248	650	562	980	767	690	561
	A (ha)	342	450	250	160	90	75	70	65	60	55
São Benedito	Qtd (t)	39.300	25.885	7.875	7.000	2.080	2.700	2.030	1.512	1.452	1.364
	A (ha)	1788	1200	500	400	200	150	145	130	120	110
Tiangúá	Qtd (t)	1920	930	1.887	2.560	1.440	1.595	1.500	1.045	1.080	944
	A (ha)	160	130	180	200	120	110	100	95	90	80
Ubajara	Qtd (t)	4.875	3.986	3.870	1.512	1.232	1.793	1.260	1.003	815	767
	A (ha)	205	203	200	180	110	100	90	85	70	65
Viçosa do Ceará	Qtd (t)	300	166	234	172	200	1.105	1.080	862	770	590
	A (ha)	25	20	30	22	25	85	80	75	70	50

Fonte: Produção Agrícola Municipal (IBGE)/ Elaborado pelo autor.

A partir dos dados contidos na Tabela 1 é possível hierarquizar os municípios com base na produção anual. O município de Viçosa do Ceará foi o único que apresentou redução na quantidade produzida de batata-doce na Ibiapaba nos últimos dez anos. Os municípios com maior quantidade produzida em 2019 foram São Benedito (39.300 t), Guaraciaba do Norte (13.475 t) e Ibiapina (7.950 t).

As maiores taxas de crescimento da quantidade produzida foram observadas nos municípios de São Benedito (39,95%), Guaraciaba do Norte (27,15%) e Ipu (24,38%). As três maiores TGC's relativas à área também corresponderam aos municípios que apresentaram as maiores evoluções na produção, entretanto a TGC de Ipu (20,05%) foi superior a Guaraciaba do Norte (19,12%). Observa-se que no crescimento da produtividade figuram os municípios de Ibiapina (7,58%), Ubajara (7,26%) e Guaraciaba do Norte (6,75 %) como os que mais cresceram em rendimento na microrregião (Tabela 2).

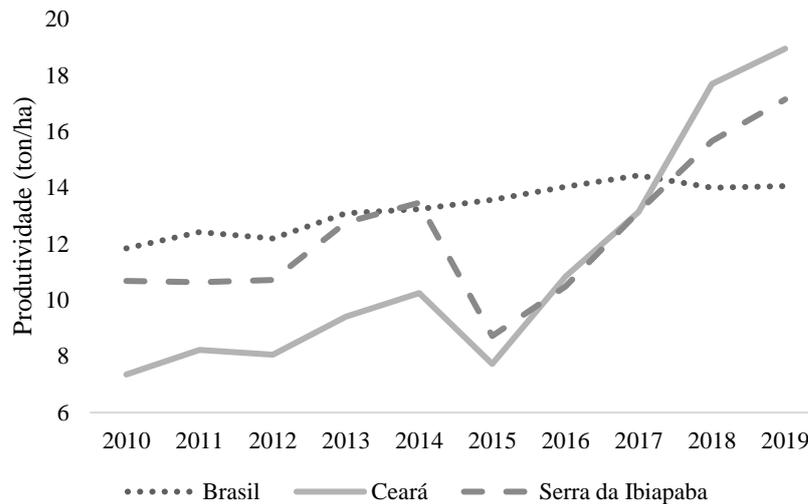
Tabela 2 -Taxa Geométrica de Crescimento da produção, área plantada e produtividade dos municípios da Serra da Ibiapaba de 2010 a 2019.

Município	TGC (%)		
	Produção	Área	Produtividade
Carnaubal (CE)	16,96	11,95	4,48
Croatá (CE)	19,05	12,79	5,55
Guaraciaba do Norte (CE)	27,15	19,12	6,75
Ibiapina (CE)	20,63	12,13	7,58
Ipu (CE)	24,38	20,05	3,61
São Benedito (CE)	39,95	32,16	5,89
Tianguá (CE)	7,36	7,18	0,17
Ubajara (CE)	20,31	12,17	7,26
Viçosa do Ceará (CE)	-6,54	-6,70	0,17

Além do aumento da área cultivada, o aumento da produtividade pode ter ocorrido em razão de aperfeiçoamentos tecnológicos implementados nas propriedades, tais como o uso de sistemas de irrigação e uso de adubação (mineral e/ou orgânica). De acordo com os dados dos censos agropecuários de 2006 e de 2017, a área irrigada na Serra da Ibiapaba aumentou de 17.158 ha para 24.293 ha no respectivo período, e em se tratando de uso de adubação, o número de estabelecimentos que aplicam algum composto orgânico ou sintético subiu de 7.505 em 2006 para 8.703 em 2017.

Embora todos os municípios tenham apresentado crescimento da produtividade nos anos observados, em 2019, a Serra da Ibiapaba apresentou uma produtividade média de 17,15 t.ha⁻¹, portanto superior ao rendimento médio nacional (14,06 t ha⁻¹) e inferior à média estadual (18,95 t ha⁻¹) no mesmo ano (Figura 1).

Figura 1- Produtividade da batata-doce (t ha⁻¹) em nível nacional, estadual e microrregional de 2010 a 2019.



Os dados levantados apontam que há um sólido histórico de crescimento da produção da batata-doce na microrregião, demonstrando assim que a cultura possui alta relevância para a agricultura da Ibiapaba. Os dados de produtividade evidenciam que há possibilidade de aumento da quantidade produzida sem crescimento da área plantada, desde que haja investimentos no sistema de produção.

3.3.2 Sistema de produção da batata doce na agricultura familiar

A Tabela 3 apresenta as etapas do processo de produção da batata-doce na propriedade objeto de estudo desta pesquisa pertencente a dois agricultores familiares da comunidade de Sussuanha (AFCS). Os agricultores relataram que não contratam ou recebem qualquer tipo serviço de assistência técnica e extensão rural, e que, portanto, suas técnicas de produção são empíricas, baseadas nas experiências práticas obtidas durante anos de trabalho e por meio de compartilhamento de informações com outros produtores.

Tabela 3. Etapas da produção da batata-doce por agricultores familiares em Guaraciaba do Norte-CE

1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa
- Seleção da área	- Plantio de ramas	- Colheita
- Preparo mecanizado do solo	- Tratos culturais	- Lavagem
- Preparo manual do solo		- Classificação
- Adubação		

O preparo do solo pelos AFCS foi realizado, a princípio, com preparo mecanizado convencional (aração e gradagem), sendo em seguida realizado um acabamento manual utilizando enxadas para construção de montículos (Figura 2), estruturas físicas destinadas ao plantio das ramas. Segundo Paes & Zappes (2016), o manejo tradicional do solo com ferramentas manuais ainda é uma realidade para agricultura familiar.

Figura 2. Montículos para plantio de batata doce em Guaraciaba do Norte-CE.



Além dos montículos, a batata doce é comumente plantada em camalhões ou leiras, ambos construídos com solo desestruturado, conferindo assim uma menor capacidade de retenção de água se comparado ao solo estruturado, condição que confere aos solos de textura mais arenosa a necessidade de irrigação (BRUNE et al., 2005).

O crescimento de raízes tuberosas de batata-doce sofre influência direta dos atributos físicos do solo, e, portanto, a forma de preparo da área de cultivo afeta a produtividade da cultura. Em linhas gerais, tem-se que solos submetidos ao preparo convencional apresentam menor resistência à penetração e menores valores de densidade nas camadas superficiais, logo é preferível o preparo convencional ao preparo reduzido (ROS et al., 2013).

De acordo com Melo et al. (2019), o espaçamento entre plantas recomendado para batata-doce é de 0,25 a 0,40 m, no entanto o espaçamento entre montículos pode chegar a 0,50

m ou mais. Os AFCS justificam a aplicação desse sistema de plantio em montículos devido a possibilidade de consorciar a batata-doce com outras culturas, tais como milho e feijão, com vistas a maximizar o uso da terra e conseguir otimizar a renda obtida proveniente de diferentes culturas em uma mesma área durante um mesmo período de tempo.

No que tange a adubação, a principal estratégia para incremento de nutrientes no solo adotada pelos AFCS é a adubação orgânica, com esterco bovino oriundo da própria propriedade, entretanto, quando não há composto orgânico, os agricultores relataram que optam por adubo mineral, e buscam adquirir a formulação com menor preço. A adubação é realizada uma única vez antes do plantio das ramas.

O uso de esterco de aves, caprinos, ovinos e bovinos são fontes de matéria orgânica típicas para a adubação de hortaliças, principalmente para agricultura familiar. De acordo com Oliveira et al. (2013), a batata-doce responde de modo distinto de acordo com o tipo de esterco aplicado, sendo que o esterco caprino foi o que proporcionou maior produtividade de raízes comerciais, estimada em $16,7 \text{ t ha}^{-1}$ no município de Areia-PB, enquanto que a aplicação de esterco bovino resultou em produtividade comercial de $7,8 \text{ t ha}^{-1}$.

Os AFCS obtiveram o material propagativo com produtores vizinhos para o plantio após a adubação de fundação, sendo as ramas cortadas com comprimento entre 0,20 e 0,40 m, e o plantio sendo realizado manualmente em montículos a uma profundidade de aproximadamente 0,10 m.

Brune et al. (2005) ressaltam que para a ocorrência da emissão de raízes nas ramas plantadas e o estabelecimento pleno do material vegetativo no campo, é fundamental manter o solo com teor de umidade adequada, evitando a desidratação do material propagativo nas primeiras semanas após o plantio. Essa é uma das razões pelas quais os AFCS aguardam o período de chuvas para iniciar o plantio de batata-doce.

Embora o cultivo de batata-doce apresente a versatilidade de ter várias formas de propagação vegetal, o emprego das ramas é o método predominante de plantio no território nacional (MELO et al., 2020; CLEMENTE, 2015). No entanto, essa prática implica em algumas desvantagens.

Um dos motivos que explica a baixa produtividade da batata-doce no Brasil está relacionado ao cultivo de variedades locais sem melhoramento, que quando associada a reutilização contínua de ramas como material propagativo podem propiciar a ocorrência e acúmulo de fitopatógenos nas plantas e acarretar em baixo potencial produtivo (FERNANDES, 2013; AMARO et al., 2017; MASSAROTO et al., 2014).

A batata doce é considerada uma cultura de suporte fitossanitário insuficiente, ou seja, há poucos produtos comerciais no mercado brasileiro para o combate a pragas nas lavouras (OLIVEIRA et al., 2019).

Os AFCS realizam a capina para o controle de plantas daninhas, e reportaram a ocorrência de pragas na lavoura, tendo sido identificados danos nas raízes causados por insetos e por roedores.

Levantamentos de pragas na batata-doce têm sido identificados. De acordo com Menezes (2002), a broca-da-raiz (*Euscepes postfasciatus*) é a principal praga da batata-doce em países ao oeste da Índia e regiões da América central e América do sul. Em âmbito regional, o nematoide *Scutellonema bradys* foi identificado em lavouras de inhame e da batata-doce no Nordeste (PINHEIRO et al., 2012).

Nas condições de campo, o controle das pragas na lavoura torna-se mais dificultado à medida que as raízes crescem, pois com o aumento do volume de solo devido o processo de formação de raízes, pode ocorrer a exposição completa ou de parte das raízes, o que facilita o ataque de roedores, além de danos à exposição de fatores ambientais.

A tomada de decisão quanto à época de colheita é um fator essencial.

A antecipação da colheita pode implicar em muitas raízes com tamanho e massa inferior ao padrão comercial, ao passo que adiar a colheita pode sujeitar as raízes a um maior tempo de exposição a fatores ambientais e de potenciais ataques de pragas.

Em linhas gerais, autores concordam que a partir de 90 dias é possível colher as raízes com tamanho comercial (SCHULTHEIS et al., 1999). No entanto, estudos comprovam que o adiamento da colheita para além de quatro meses promove o aumento no número de raízes comerciais por planta (QUEIROGA et al., 2007)

A primeira colheita na propriedade dos AFCS foi realizada manualmente com o uso de enxada 90 dias após o plantio, tendo sido observadas raízes pequenas ainda em processo de formação. A última colheita foi realizada cerca de 120 dias após o plantio, com raízes de tamanho e massa expressivos, porém com tortuosidades e danos causados por insetos e roedores.

Na prática, a colheita de batata-doce é flexível, podendo ser antecipada ou adiada, sendo um fator importante na tomada desta decisão, os preços praticados na central de abastecimento. Os agricultores acompanham a dinâmica dos preços por meio do boletim diário de preços divulgado semanalmente pela CEASA-CE.

Após a colheita, os restos culturais (ramas e raízes não comercializados) são recolhidas e destinadas à alimentação de suínos e bovinos. Embora, de maneira geral, o aproveitamento das ramas para o consumo animal não seja uma prática muito frequente pelos

produtores brasileiros, ela é comum em países como China e Vietnã (MONTEIRO et al., 2007). Muitas pesquisas preconizam o fornecimento das ramas, seja de forma fresca ou na forma de silagem, pois se configuram como alimento volumoso alternativo de baixo custo (FIGUEIREDO et al., 2012).

Após a colheita, a batata doce passa por um processo de lavagem e classificação das raízes, porém sem uma padronização oficial. Os agricultores separam as batatas levando em conta critérios subjetivos, tais como formato, tamanho, superfície lisa, ausência de tortuosidades e sem orifícios ou danos causados por pragas.

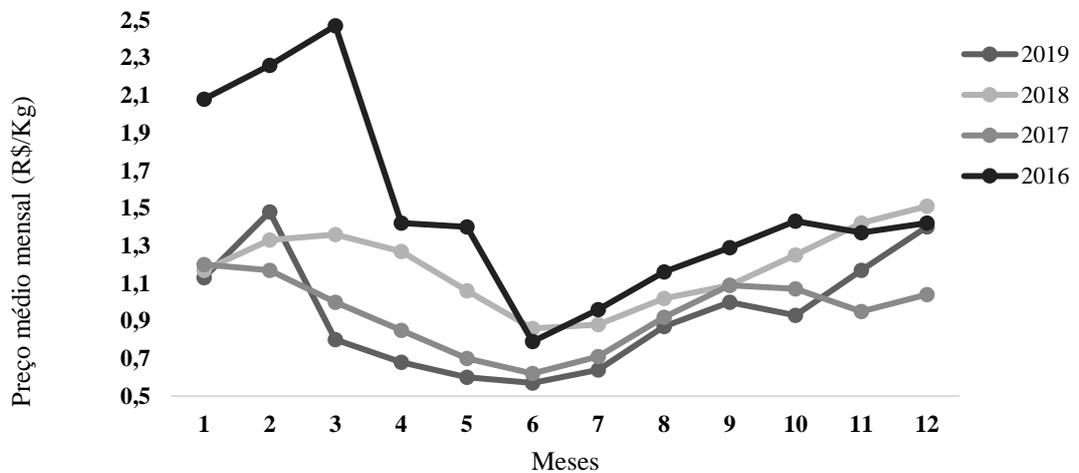
Em última análise o sistema de produção da propriedade rural familiar estudada pode ser considerado extensivo e segundo Batalha et al. (2007), caracterizado como um empreendimento rural tradicional, no qual predominam as práticas empíricas, técnicas rudimentares e as decisões em relação ao cultivo não são tomadas com base técnico-científica.

3.3.3 Comercialização da batata doce

O principal destino da produção de batata doce é a comercialização na central de abastecimento do município de Tianguá. A maioria dos agricultores do município de Guaraciaba do Norte são de pequeno porte, sendo que o transporte da produção de batata doce das suas propriedades até a CEASA realizada por atravessadores (consolidador), que ocorre predominantemente pelo modal rodoviário, através de caminhões. Para isso, os atravessadores cobram uma taxa pelo serviço. A venda também pode ser realizada diretamente para o consolidador.

A dinâmica dos preços da batata doce dos anos de 2016 a 2019 é apresentada na Figura 3. Observa-se que historicamente, os meses de maio, junho e julho apresentam os menores preços pagos ao produtor. A partir de agosto observa-se o movimento de alta nos preços, sendo observado melhores preços pagos ao produtor nos meses de novembro, dezembro, janeiro e março.

Figura 3 - Dinâmica dos preços nominais médios mensais (R\$/kg) de batata doce na CEASA de Tianguá-CE



Fonte: CONAB (2020)

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A microrregião da Serra da Ibiapaba tem uma expressiva produção de batata doce constatada em base ao histórico de produção dos municípios, sendo possível inferir perspectivas quanto ao aumento da produtividade, desde que haja adoção de tecnologia.

A melhoria no processo de produção da batata doce pela agricultura familiar na Serra da Ibiapaba está vinculada à necessidade de investimentos em assistência técnica e extensão rural visando a uma gestão integrada da propriedade.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, G. V.; MENDONÇA, E. S.; OLIVEIRA, T. S.; JUCKSCH, I.; CECON, P. R. Percepção Ambiental e Uso do Solo por Agricultores de Sistemas Orgânicos e Convencionais na Chapada da Ibiapaba, Ceará. **Revista Economia e Sociologia Rural**, v.51, n.2, p. 217-236, 2013.

AMARO, G. B.; FERNANDES, F. R.; SILVA, G. O.; MELLO, A. F. S.; CASTRO, L. S. A. de. Desempenho de cultivares de batata doce na região do Alto Paranaíba-MG. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 35, n. 2, p. 286-291, 2017.

AULIN, E. J.; AZEVEDO, P. F. Distribuição de hortaliças na agricultura familiar: uma análise das transações. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.33, n.11, p.24-37, 2003.

BATALHA, M. O.; IANNONI, A. P.; SILVA, A. L.; LIMA FILHO, D. O.; SCRAMIM, F. C. L.; SOUZA FILHO, H. M.; NANTES, J. F. D.; PAULILLO, L. F.; SCARPELLI, M.; AZEVEDO, P. F.; MORABITO, R.; SPROESSER, R. L.; MARTINS, R. A.; BIALOSKORSKI NETO. **Gestão Agroindustrial**, São Paulo, v.1, n.3, p.636-714, 2007.

CLEMENTE, F. M. V. T. **Produção de hortaliças para agricultura familiar**. Editora técnica. – Brasília: Embrapa, 2015, 108 p.

CUENCA, M. A. G.; DOMPIERI, M. H. G.; SÁ, H. A. **Análise dos Efeitos dos Fatores de Variação do Valor Bruto da Produção de Milho por meio do Modelo ShiftShare, no Estado de Sergipe**. Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015, 29 p.

FAULIN, E. J.; AZEVEDO, P. F. Distribuição de hortaliças na agricultura familiar: uma análise das transações. **Informações Econômicas**, v.33, n.11, p.24-37, 2003.

FERNANDES, F. R. **Limpeza clonal de batata-doce: produção de matrizes com elevada qualidade fitossanitária**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2013. 8p. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/956451>. Acesso em: 21 Out. 2020

FIGUEIREDO J. A.; ANDRADE JUNIOR V.C.; PEREIRA R.C.; RIBEIRO K.G.; VIANA D.J.S.; NEIVA I. P. Avaliação de silagens de ramas de batata-doce. **Horticultura Brasileira** 30: 708-712, 2012.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. SIDRA. **Produção Agrícola Municipal**. Tabela 5457 - Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias (notas). Rio de Janeiro: IBGE. 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: 02 out. 2020.

IPECE-INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil das regiões de planejamento Serra da Ibiapaba – 2017**. Disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/estatistica/perfil_regional/2017/PR_Serra_da_Ibiapaba_2017.pdf>. Acesso em: 13 set. 2020.

LIMA, C. R. V. S. Escassez hídrica e o desenvolvimento econômico no setor agropecuário. PAOLINELLI. **Diferentes abordagens sobre agricultura irrigada no Brasil: História, Política Pública, Economia e Recurso Hídrico**. Piracicaba: ESALQ - USP, 2021, p. 177 - 183.

MASSAROTO, J. A.; MALUF W. R.; GOMES L. A. A.; FRANCO H. D.; GASPARINO C. F. Desempenho de clones de batata-doce. **Ambiência**, v. 10, n. 1, p.73-81. 2014.

MELO, R. A. C.; JORGE, M. H. A.; VENDRAME, L. P. C.; PILON, L.; ROSSETTO, L. M. **Produção de batata-doce utilizando mudas produzidas em bandejas com diferentes volumes de célula e períodos de enraizamento**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2020.

MELO, R. A. C.; AMARO, G. B.; VENDRAME, L. P. C.; PILON. **Produtividade de batata-doce em canteiros utilizando diferentes espaçamentos e segmentos da rama**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2020.

MENEZES, E.L. A. **A Broca da Batata-Doce (Eusepes postfasciatus): Descrição, Bionomia e Controle**. Circular Técnica . Seropédica, RJ Outubro, 2002. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/623294/1/cit006.pdf>>. Acesso em: 29 out 2020.

MONTEIRO, A. B.; MASSAROTO, J. A. ; GASPARINO, C.F.; SILVA R.R.; GOMES, L.A.A.; MALUF, W.R.; FILHO, J.C.S. Silagens de cultivares e clones de batata doce para alimentação animal visando sustentabilidade da produção agrícola familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 2: 978-981, 2007.

MOURA-FÉ, M. M. Análise das unidades geomorfológicas da Ibiapaba setentrional (noroeste do estado do Ceará, Brasil). **Caminhos de Geografia**, v.18 n.63, p. 240-266. 2017.

PAES, R. S.; ZAPPES, C. A.; Agricultura familiar no norte do estado do rio de janeiro: identificação de manejo tradicional. **Sociedade e Natureza**, v. 28 n.3, p. 385-395, 2016.

OLIVEIRA, A. P.; GONDIM, P. C.; SILVA; O. P. R.; OLIVEIRA, A. N. P.; GONDIM, S. C.; SILVA, J. A.; Produção e teor de amido da batata-doce em cultivo sob adubação com matéria orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.8, p.830–834, 2013.

OLIVEIRA, F. S.; PELLOSO, M. F.; NASSER, M. D.; ALBUQUERQUE, F. A.; RUPP, M. M. M. MANEJO INTEGRADO DE INSETOS-PRAGA DA BATATA-DOCE. **Revista de Agronegócio – Reagro**, v.8, n.2, p.61-72, 2019.

PINHEIRO, J. B.; RODRIGUES, C. S.; CARVALHO, A. D. F. de; PEREIRA, R. B. **Nematoides na cultura da batata-doce**. Circular Técnica. Brasília, DF Outubro, 2012. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/72268/1/ct-1051.pdf>> . Acesso em: 13 out. 2020.

RÓS, A. B.; TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C. Propriedades físicas de solo e crescimento de batata-doce em diferentes sistemas de preparo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 37, p. 242-250, 2013.

SCHULTHEIS, JR; WALTERS, SA; ADAMS, DE; ESTES, EA. In row plant spacing and date of harvest of ‘Beauregard’ sweetpotato affect yield and return on investment. **HortScience**, v.34, p. 1229-1233, 1999.

QUEIROGA RCF; SANTOS MA; MENEZES MA; VIEIRA CPG; SILVA MC. Fisiologia e produção de cultivares de batata-doce em função da época de colheita. **Horticultura Brasileira**, v.25, p. 371-374, 2007.

4 CAPÍTULO 2 - EFEITOS DOS FATORES DE PRODUÇÃO NPK E REGULADOR DE CRESCIMENTO NA PRODUTIVIDADE DA BATATA DOCE IRRIGADA

RESUMO: A baixa produtividade média da batata doce no Brasil está ligada a uma série de práticas inadequadas no manejo da cultura. Tendo em vista a importância da produção de batata doce para agricultura familiar, este trabalho objetivou avaliar a resposta do rendimento de batata doce submetida a diferentes níveis de adubação (NPK) associada a diferentes concentrações de regulador de crescimento (RC). Foi realizado um experimento em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 5, sendo 5 níveis de NPK (0 ; 696; 1044; 1392 e 1740 kg ha⁻¹) combinado com 5 concentrações de RC (0; 20; 25; 30 e 35 mL L⁻¹). O número de raízes totais e comerciais é influenciado pelos insumos testados e aumentam linearmente com aumento das doses e concentrações testadas. A produtividade máxima estimada da batata doce é de 43.328,19 kg ha⁻¹, a ser obtida com aplicação de 1.522,64 kg ha⁻¹ de NPK e 34,69 mL L⁻¹ de regulador de crescimento. Doses maiores de NPK favoreceram o aumento da eficiência do uso da água, até alcançar o valor máximo de 8,1 kg m⁻³ com a aplicação da dose de 1740 kg ha⁻¹. Determinado um nível de rendimento fixo, os fatores de produção testados comportam-se como substitutos imperfeitos em alguns intervalos de variação dos insumos.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas*(L.) Lam; Produtividade da água de irrigação; Função de produção; Isoquantas.

4.1 INTRODUÇÃO

A China é a maior produtora de batata doce do mundo, tendo produzido em 2019 mais de 51,9 milhões de toneladas, apresentando uma produtividade média de 21,9 t ha⁻¹ (FAO, 2020). No Brasil, em 2019, foram produzidas 805,4 mil toneladas e o rendimento nacional médio foi de 14 t ha⁻¹ (IBGE, 2020).

As causas da baixa produtividade brasileira têm caráter multifacetado, dentre elas destacam-se a utilização de materiais propagativos de baixa qualidade (AMARO et al., 2017; MASSAROTO et al., 2014), suporte fitossanitário insuficiente para cultura (OLIVEIRA et al., 2019) e produtores sem capacitação técnica e desprovidos de tecnologias de produção para o cultivo de batata doce (SANTOS, 2008).

Apesar dos entraves, a batata doce é cultivada em todas as regiões brasileiras, sendo uma cultura rústica, resistente e de boa adaptabilidade quando comparada a outras hortaliças. Essas características conferem à batata doce a facilidade para cultivo por agricultores familiares com recursos limitados, sendo o mesmo observado em países do continente africano, nos quais a batata doce é uma cultura importante para pequenos produtores desprovidos de meios para tecnificar suas propriedades rurais (WOKORACH et al, 2019).

A batata doce assim como outras hortaliças possui uma demanda relativamente alta de macronutrientes primários. A recomendação geral da Embrapa (1995) sugere doses de NPK de acordo o nível de fertilidade do solo que variam de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio; 200 kg ha⁻¹ de

fósforo e 200 kg ha⁻¹ de potássio (para solos de baixa fertilidade) e 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio; 100 kg ha⁻¹ de fósforo e 100 kg ha⁻¹ de potássio (para solos de alta fertilidade).

No que diz respeito à forma de aplicação dos adubos de origem industriais, por se tratar de raízes, estudos sugerem que a adubação via solo é mais eficiente quando comparada à adubação foliar (OLIVEIRA et al., 2006). Aliado a isso, o parcelamento dos adubos durante o ciclo da cultura mostra-se eficaz e é uma estratégia para garantir um melhor aproveitamento dos nutrientes disponibilizados no solo (ALVES et al., 2009).

O sistema radicular da batata doce é composto por raízes absorventes, as quais desempenham o papel de extração de nutrientes do solo e absorção de água, e as raízes tuberosas que são as principais partes de interesse produtivo e comercial (ECHER et al., 2009).

Rós et al. (2015) supõem que a aplicação de regulador de crescimento é uma alternativa para elevar a produtividade da batata doce promovendo o enraizamento das ramas de batata doce com maior intensidade. Para Severino et al. (2003) alguns problemas de baixo desenvolvimento radicular, emergência e desuniformidade inicial das culturas são fatores que afetam negativamente a performance produtiva de uma lavoura, logo nesses casos, em estágio inicial das culturas é recomendada a aplicação de reguladores de crescimento. Nesse contexto, tanto as raízes absorventes poderiam incrementar a absorção de nutrientes e água, como as raízes tuberosas poderiam aumentar seu volume.

Dentre os fatores de produção, os insumos merecem destaque especial não só pelo custo de produção que representam, mas, sobretudo, devido à necessidade de se os utilizar de modo eficiente, permitindo assim, a sustentabilidade edáfica da região. Além disso, variações significativas nos níveis de produtividade da cultura da batata doce em resposta às variações nos níveis destes recursos podem ocorrer, expressando a alta sensibilidade da produtividade aos níveis destes fatores de produção.

O uso das funções de produção das culturas constitui fontes valiosas de informações a serem utilizadas nos modelos de tomada de decisão, permitindo a otimização do uso dos fatores envolvidos na produção.

Neste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a resposta da produtividade da batata doce adubada com diferentes doses de NPK associada a diferentes concentrações de regulador de crescimento administradas nas ramas.

4.2 MATERIAIS E MÉTODO

4.2.1 Descrição da área

A pesquisa foi desenvolvida em uma propriedade de base familiar no município de Guaraciaba do Norte-Ce. O município está situado na Serra da Ibiapaba, região noroeste do Estado do Ceará, sob as coordenadas Latitude: 04° 10' 01" S e Longitude: 40° 44' 51" W, com extensão territorial de 611,464 km² e população estimada de 39.713 (IBGE, 2020).

Guaraciaba do Norte tem altitude de 950,4 m, apresenta precipitação média anual de 1.179,1 mm; e evapotranspiração de referência média anual estimada de 1.852,06 mm, sendo o seu clima classificado como subsúmido seco (FUNCEME, 2020).

A propriedade que foi realizado este estudo possui uma área total de 3,5 ha, sendo a área experimental correspondente a um talhão de 12 m x 30 m, a qual vinha sendo manejada sob rotação de cultura, com plantio de batata doce, feijão e milho.

As amostras de solo nas camadas de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m foram coletadas em agosto de 2020, cujos dados dos atributos físico-hídricos e químicos da área experimental são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultado da análise de solo da área experimental.

prof (cm)	Composição Granulométrica (g kg ⁻¹)					Classe Textural	pH	CE (dS m ⁻¹)			
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila natural						
0-20	517	282	92	110	30	Franco arenosa	6,2	0,87			
20-40	463	321	118	99	25	Franco arenosa	6,4	0,52			
prof (cm)	Complexo Sortivo (cmol _c kg ⁻¹)										
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	S	T	V(%)	m(%)	PST
0-20	4,7	0,7	0,19	0,24	4,29	0,05	5,8	10,1	58	1	2
20-40	4,2	1,0	0,2	0,21	3,8	0,05	5,6	9,4	60	1	2
prof (cm)	Fertilidade do solo										
	C (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	P assimilável (g kg ⁻¹)							
0-20	19,02	2,05	32,79	44							
20-40	18,72	1,98	32,27	30							

O preparo mecanizado do solo consistiu em aração e gradagem seguido do preparo manual do solo com enxada para a construção de camalhões.

A água para irrigação da cultura foi proveniente de um poço amazonas da propriedade, localizado a 90 metros da área experimental. Os atributos de qualidade da água são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultado da análise da qualidade da água de irrigação.

Cátions (mmol _c L ⁻¹)				Ânions (mmol _c L ⁻¹)		CE	RAS	pH	Sólidos	Classificação
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻				Dissolvidos (mg L ⁻¹)	
0,4	0,7	0,57	0,03	1,2	0,62	0,14	0,55	6,3	140	C1S1

Como material propagativo utilizaram-se ramos de batata doce roxa de uma variedade local obtidas com agricultores do município. As ramos foram cortadas contendo em média oito entrenós dotada de uma parte apical, conforme Santos Neto et al. (2017) e Oliveira et al. (2006). O plantio foi realizado de forma manual, sendo que na condução da cultura realizou-se uma capina manual na quinta semana de cultivo, não tendo sido aplicado durante o ciclo da cultura nenhum tipo de agrotóxico.

4.2.2 Sistema e manejo da irrigação

O método de irrigação foi localizado por meio do sistema de irrigação por gotejamento, com um emissor por planta, espaçados conforme a disposição da cultura na área experimental (espaçamento entre plantas de 0,30 m e espaçamento entre fileiras de 0,90 m).

A determinação da evapotranspiração de referência (ET_o) foi realizada a partir do software EVAPO (MALDONADO et al., 2019), com reposição diária da lâmina de irrigação.

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi obtida pelo produto do valor da ET_o com o coeficiente da cultura (K_c) para cada estágio fenológico da cultura. Conforme Allen et al. (2006) os valores de K_c para a batata doce são de K_c_{inicial} = 0,5; K_c_{médio} = 1,15 e K_c_{final} = 0,65. A correção da ET_c para sistema localizado foi executada com base na seguinte equação:

$$ET_{cLOC} = ET_c \times 0,1 \times \sqrt{Pw} \quad (1)$$

sendo:

ET_c – evapotranspiração potencial da cultura, em mm dia⁻¹;

Pw – porcentagem da área molhada ou sombreada, prevalecendo o maior valor em (%);

Para a determinação da porcentagem de área molhada e sombreada foram utilizadas as equações:

$$PAM = NEP \times \frac{Se \times W}{Sp \times Sf} \times 10 \quad (2)$$

sendo:

PAM – porcentagem da área molhada, em (%);
 Se – espaçamento entre emissores, em m;
 Sp – espaçamento entre plantas, em m;
 Sf – espaçamento entre fileiras, em m;
 W – diâmetro máximo do bulbo molhado por emissor (m²); e
 NEP – número de emissores por planta.

$$PAS = \frac{AS}{AT} \times 100 \quad (3)$$

sendo :

PAS – porcentagem da área sombreada, em (%);
 AS – área sombreada pela planta, em m²;
 AT – área total da planta, em m²;

O tempo de irrigação foi obtido pela equação:

$$Ti = (Se \times Sf \times IRN \times 60) / (NEP \times Ea \times qa) \quad (4)$$

sendo :

Ti – tempo de irrigação, em minutos;
 Se – espaçamento entre emissores, em m;
 Sf – espaçamento entre linhas laterais, em m;
 IRN – Irrigação real necessária, mm;
 Ea – Eficiência de aplicação, adimensional;
 qa – vazão média de cada gotejador, L h⁻¹.

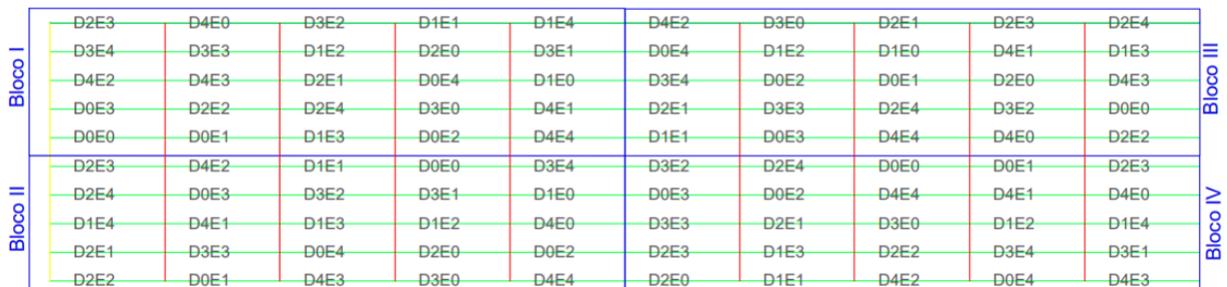
A avaliação de desempenho do sistema de irrigação foi realizada após a sua instalação no campo, em base à metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975), com coleta de vazões em quatro pontos de quatro linhas laterais. Os dados foram utilizados para a determinação do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CHRISTIANSEN, 1942) e eficiência de aplicação, conforme Merriam & Keller (1978). O sistema de irrigação apresentou coeficiente de uniformidade de 99% e eficiência de aplicação de 90%.

4.2.3 Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos

O experimento foi executado com delineamento em blocos casualizados, contendo quatro blocos em esquema fatorial 5 x 5, sendo cinco níveis de formulação de NPK associados a cinco níveis de regulador de crescimento. A parcela experimental foi composta por dez plantas,

em uma área de 2,7 m² (3,0 m x 0,9 m). Considerou-se parcela útil a área das oito plantas centrais de cada parcela (Figura 4).

Figura 4 – Croqui do experimento



As formulações de NPK (16-41-41) foram admitidas a partir da recomendação geral da Embrapa (1995) de requerimento nutricional da batata doce. Foi utilizado como fonte de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio. A adubação foi realizada uma única vez antes do plantio das ramas, sendo os níveis da formulação de NPK: 0,0 kg ha⁻¹ (D0); 696 kg ha⁻¹ (D1); 1044 kg ha⁻¹ (D2); 1392 kg ha⁻¹ (D3); 1740 kg ha⁻¹ (D4).

O fator regulador de crescimento (RC) foi administrado nas ramas antes do plantio. O material propagativo foi imerso em recipientes com diferentes concentrações do produto comercial Stimulate[®] durante 30 minutos, após a secagem a sombra sucedeu-se o plantio. As concentrações testadas foram 0,0 mL L⁻¹ (E0); 20 mL L⁻¹ (E1); 25 mL L⁻¹ (E2); 30 mL L⁻¹ (E3); 35 mL L⁻¹ (E4).

4.2.4 Variáveis analisadas

As variáveis analisadas constaram de produtividade total (PT), produtividade comercial (PC), média do número de raízes por plantas (MRP) e média de raízes com padrão comercial (MRCP). Foram consideradas raízes comerciais aquelas que apresentaram massa igual ou superior a 80 g e comprimento acima de 10 cm, e que, concomitantemente, não apresentavam embonecamento ou tortuosidade.

A produtividade da água de irrigação (PAir) foi obtida pela relação entre o valor da produtividade total (kg ha⁻¹) e a quantidade de água aplicada (m³ ha⁻¹), em cada tratamento ao final do ciclo (COELHO *et al.*, 2005).

4.2.5 Análise estatística

A verificação da normalidade dos dados foi realizada pelo teste Shapiro-Wilk e o teste de Levene para avaliar a homocedasticidade, ambos com nível de significância de 5%. Os

resultados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste F para a comparação de quadrados médios a 0,05 de probabilidade. Realizaram-se, também, análises de regressão polinomial para comparar os efeitos das doses de NPK e concentrações de RC sobre as variáveis avaliadas, testando-se os modelos linear e quadrático, e selecionado para explicar os resultados, aquele que apresentou significância e o maior coeficiente de determinação (R^2) e que melhor representou o comportamento dos resultados obtidos utilizando-se os softwares SISVAR E STATISTICA.

4.2.6 Função de produção

Considerando a formulação de NPK (X) e o regulador de crescimento (E) como variáveis independentes e a produtividade da batata doce como variável dependente (Y), foram testados dez modelos estatísticos, sendo escolhido aquele que apresentou melhor propriedade estatística, além de se comportar conforme expectativa apriorística. Foram testados os seguintes modelos estatísticos, conforme Aguiar (2005):

$$Y = b_0 + b_1X + b_2E + b_3X^{0,5} + b_4E^{0,5} + b_5X^{0,5}E^{0,5} \quad (5)$$

$$Y = b_0 + b_1X + b_2E + b_3X^{0,5} + b_4E^{0,5} + b_5XE \quad (6)$$

$$Y = b_0 + b_1X + b_2E + b_3X^{0,5} + b_4E^{0,5} \quad (7)$$

$$Y = b_0 + b_1X + b_2E + b_3X^2 + b_4E^2 + b_5XE \quad (8)$$

$$Y = b_0 + b_1X + b_2E + b_3X^2 + b_4E^2 \quad (9)$$

$$Y = b_0 + b_1X + b_2E + b_3X^{1,5} - b_4E^{1,5} + b_5XE \quad (10)$$

$$Y = b_0 + b_1X + b_2E - b_3X^{1,5} - b_4E^{1,5} \quad (11)$$

$$Y = b_0 + b_1X - b_2X^2 - b_3E^2 \quad (12)$$

$$Y = b_1X + b_2E - b_3X^2 - b_4E^2 + b_5XE \quad (13)$$

$$Y = b_1X + b_2E - b_3X^2 - b_4E^2 \quad (14)$$

Em que: Y - produtividade da batata doce em kg ha⁻¹; E – concentração de regulador de crescimento em mL L⁻¹; X - doses de fertilizantes em kg ha⁻¹; b₀, b₁, b₂, b₃, b₄ e b₅ - são parâmetros de ajuste. Como critérios de escolha do modelo será utilizado o coeficiente de determinação múltipla: R², a magnitude da estatística F estimada, a significância estatística dos parâmetros das equações aferidas pelo teste “t”, coerência dos sinais dos termos das equações e o conhecimento das relações biológicas entre os efeitos das várias concentrações de regulador de crescimento e adubo sobre a produtividade.

Na pesquisa foram analisadas as variáveis descritas a seguir:

Isoquantas: correspondem às curvas que ligam pontos de diferentes combinações de concentrações de regulador de crescimento e doses de fertilizantes, os quais apresentam um

mesmo rendimento. A partir da função de produção serão determinadas as isoquantas ou curvas de isoproducto, plotando-se os dados obtidos, em função das produtividades previamente fixadas, em um gráfico de duas dimensões.

Produto físico marginal dos fatores regulador de crescimento e fertilizante: o produto físico marginal de um determinado fator representa o incremento no rendimento ao se adicionar uma unidade a mais do fator considerado. O mesmo é obtido através da derivada primeira da função de produção, em relação ao fator considerado, sendo representado pela equação geral:

$$PMg(f) = \frac{\partial Y}{\partial f} \quad (13)$$

Sendo:

$PMg(f)$: produto físico marginal do fator considerado;

$\frac{\partial Y}{\partial f}$: derivada da função em relação ao fator considerado.

Para fins de análise foram obtidos os seguintes produtos marginais:

- produtos físicos marginais do regulador de crescimento para as diferentes concentrações aplicadas correspondentes a cada dose de fertilizante;
- produtos físicos marginais do fertilizante para as diferentes doses aplicadas correspondentes a cada concentração de regulador de crescimento ;
- produtos físicos marginais do regulador de crescimento, para diferentes concentrações de regulador de crescimento aplicadas;
- produtos físicos marginais do fertilizante para as diferentes doses de fertilizante aplicadas.

Taxa marginal de substituição: a taxa marginal de substituição do fator concentração de regulador de crescimento pelo fator dose de fertilizante ($TMS_{X/E}$) que corresponde à quantidade do fator regulador de crescimento que se dispõe a abandonar para se utilizar uma unidade a mais do fator fertilizante, mantendo-se o mesmo nível de rendimento, será obtida pela relação entre o produto físico marginal do fertilizante e o produto físico marginal do regulador de crescimento, sendo representada pela equação:

$$TMS_{\frac{E}{X}} = - \frac{PMg_X}{PMg_E} \quad (14)$$

sendo:

$TMS_{X/E}$: taxa marginal de substituição do fator regulador de crescimento (E) pelo fator fertilizante (X);

$PMg_{(E)}$: produto marginal do fator regulador de crescimento ;

$PMg_{(X)}$: produto marginal do fator fertilizante.

Região de produção racional: região onde visualizam-se as diversas combinações dos fatores e das respectivas produtividades, onde é economicamente viável a atividade, sendo obtida da análise das curvas de isoprodutos e correspondem às partes das curvas onde os fatores se comportam como substitutos, estando situada entre as duas linhas de fronteiras. As linhas de fronteiras são linhas que ligam pontos em que a inclinação da isoquanta é nula ou infinita.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Média de raízes por planta e média de raízes comerciais por planta

A Tabela 6 apresenta o resumo da análise de variância para as variáveis respostas, média de raízes por planta (MRP) e média de raízes comerciais por planta (MRCP). Observou-se efeito significativo ($p < 0,001$) pelo teste F para os fatores NPK e RC. Entretanto, a interação entre os dois fatores, NPK e RC, não apresentou resultado significativo em nível de 5%.

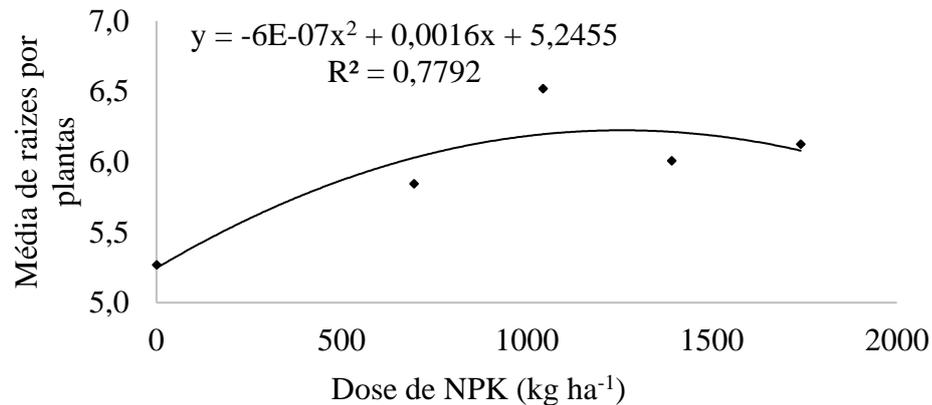
Tabela 6 – Resumo da análise de variância de média de raízes por planta (MRP) e média de raízes comerciais por planta (MRCP) em função de NPK e regulador de crescimento.

Fator de variação	GL	Quadrado Médio	
		MRP	MRCP
NPK	4	4,23225 ^{***}	2,91385 ^{***}
Regressão linear	1	8,995135 ^{**}	7,907515 ^{***}
Regressão quadrática	1	4,153414 [*]	0,451113 ^{ns}
RC	4	10,48075 ^{***}	3,00035 ^{***}
Regressão linear	1	33,60960 ^{***}	11,30126 ^{***}
Regressão quadrática	1	0,835007 ^{ns}	0,027604 ^{ns}
NPK x RC	16	0,633938 ^{ns}	0,189913 ^{ns}
CV (%)		15,31	13,8

ns, ^{***}, ^{**} e ^{*}: não significativo e significativo a 0,1; 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

A análise de regressão demonstrou efeito significativo ($p < 0,05$) para o modelo quadrático associado ao fator doses de NPK para MRP, apresentando coeficiente de determinação de 0,7792. Com base na equação, a média máxima estimada é 6,3 raízes por planta, obtida com a aplicação da dose 1333,3 kg ha⁻¹.

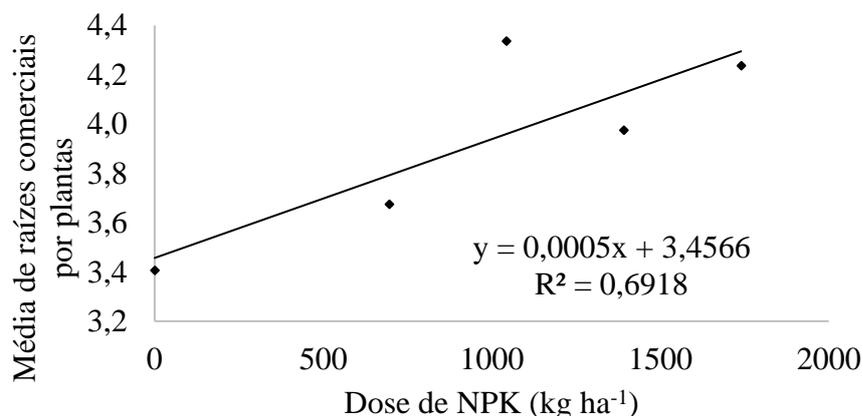
Figura 5 – Média de raízes por plantas (MRP) em função de níveis de NPK.



A MRP pode variar de acordo com o tipo de cultivar de batata doce e qualidade do material propagativo. Amaro et al. (2019) estudaram o desempenho de diferentes cultivares de batata doce no Estado de Sergipe, utilizando mudas submetidas à limpeza clonal, e verificaram média de 11,28 raízes por plantas para cultivar Brazlândia Branca, MRP de 12,55 Brazlândia Roxa, 9,58 para cultivar BRS Rubissol e 7,33 para cultivar Princesa. Os baixos valores obtidos nesta pesquisa sugerem que variedades locais são menos eficientes no processo de formação das raízes tuberosas.

O efeito linear significativo ($p < 0,001$) de NPK na variável MRCP demonstrou que as raízes comerciais responderam de maneira positiva e diretamente proporcional às doses de NPK testadas. A média máxima de raízes comerciais por plantas alcançadas foi de 4,3 com a dose de 1044 kg ha⁻¹ e a menor média observada foi de 3,4 sem a aplicação de fertilizante.

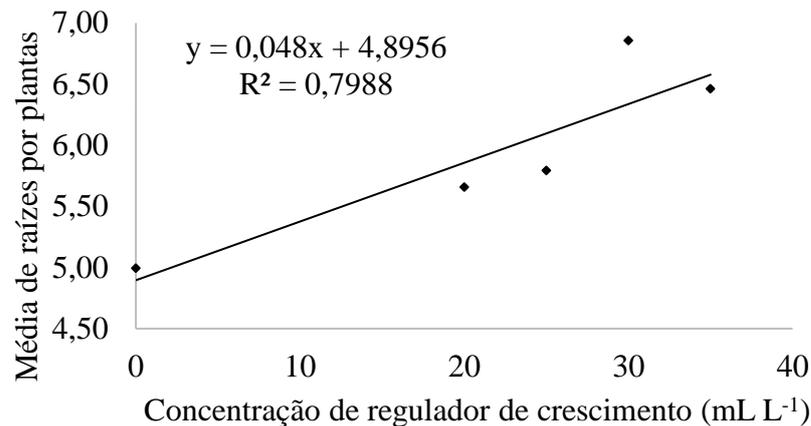
Figura 6 – Média de raízes comerciais por plantas (MRCP) em função de níveis de NPK.



O número de raízes comerciais por plantas é relativo e varia de acordo com os critérios que são estabelecidos para classificação das raízes destinadas a comercialização, sendo também evidente a variação na média de raízes comerciais por plantas entre diferentes cultivares (AMARO et al., 2019).

O RC influenciou na formação de raízes ($p < 0,0001$), sendo que o efeito linear desse fator proporcionou média de raízes por planta máxima de 6,86 com o uso da concentração de 30 mL L⁻¹ e média de 4,99 raízes por plantas nas parcelas sem o tratamento com RC.

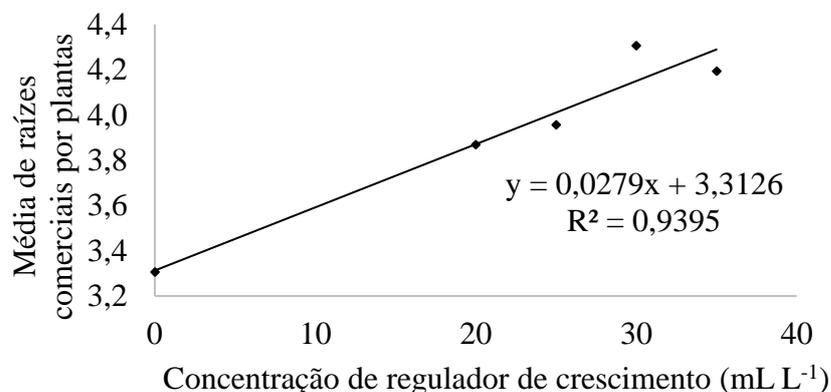
Figura 7 – Média de raízes por plantas (MRP) em função da concentração de regulador de crescimento.



Estudando o efeito de estimulante vegetal no crescimento da mandioca, que tiveram manivas submetidas ao tratamento inicial com Stimulate[®], Magalhães et al. (2016) constataram que a aplicação da substância culminou em incrementos lineares da área foliar, do número de folhas, altura de planta, das matérias secas de caule e raízes totais, testando concentrações na faixa de 4 a 16 mL L⁻¹.

Na produção de MRCP detectou-se comportamento linear com o aumento das doses de RC, sendo a menor média obtida de 3,3 raízes comerciais por planta sem a aplicação de regulador de crescimento, enquanto a concentração de 30 mL L⁻¹ resultou em média máxima de 4,3 raízes comerciais por planta (Figura 8)

Figura 8 – Média de raízes comerciais por plantas (MRCP) em função da concentração de regulador de crescimento.



Em comparação, o emprego de estimulantes no crescimento vegetal em frutíferas tem apresentado bons resultados. De acordo com Dantas et al. (2012), a aplicação via foliar do produto Stimulate® na cultura do tamarindeiro foi observado aumento na altura das plantas, na raiz e na massa seca da parte área em todas as doses testadas. Utilizando a mesma substância, Vendruscolo et al. (2017) observaram que houve incremento no teor de sólidos totais do meloeiro com aplicação diretamente nos frutos.

4.3.2 Produtividade total e comercial

Conforme o resumo das análises de variância houve influência das doses de NPK na produtividade total (PT), produtividade comercial (PC) e produtividade da água de irrigação (PAir) da batata doce. Entretanto, o fator regulador de crescimento (RC) e a interação, NPK x RC, não apresentaram efeito significativo a 5% de probabilidade (Tabela 2).

Tabela 7 – Resumo da análise de variância da Produtividade total (PT), produtividade comercial (PC) e produtividade da água de irrigação (PAir) da batata doce.

Fator de variação	GL	Quadrado Médio		
		PT	PC	PAir
NPK	4	426415882.94 ^{***}	387480687.61 ^{***}	19.18 ^{***}
Regressão linear	1	1665980890.57 ^{***}	1514475955.62 ^{***}	75.10 ^{***}
Regressão quadrática	1	14601122.55 ^{ns}	6872780.16 ^{ns}	0.31 ^{ns}
RC	4	40451263.46 ^{ns}	32107274.96 ^{ns}	1.54 ^{ns}
Regressão linear	1	59001224.10 ^{ns}	46955199.48 ^{ns}	2.31 ^{ns}
Regressão quadrática	1	50320161.54 ^{ns}	36689429.06 ^{ns}	1.80 ^{ns}
NPK x RC	16	17176073.34 ^{ns}	19153467.02 ^{ns}	0.93 ^{ns}
CV (%)		12.65	13.45	13.42

ns e ***: não significativo e significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Observou-se um efeito esperado na produtividade em função das doses da formulação de NPK testada. A maior produtividade total alcançada foi de 41,51 t ha⁻¹ com a aplicação da dose de 1044 kg ha⁻¹ de NPK associada a concentração de 35 mL L⁻¹, enquanto observou-se a menor PT de 25,2 t ha⁻¹ sem a adubação com concentração RC de 20 mL L⁻¹ (Tabela 8).

Tabela 8 – Produtividade Total da batata doce em função de níveis de NPK e RC.

NPK (kg ha ⁻¹)	RC (mL L ⁻¹)				
	0	20	25	30	35
0	27056	25199	26935	31611	27329
696	34065	27968	32949	33986	32468
1044	34148	34347	37565	33454	41509
1392	36088	37412	36931	38282	38426
1740	37759	37044	41264	40347	39356

Thumé et al (2013) estudaram os teores de N, P e K nas raízes tuberosas de diferentes cultivares de batata doce e observaram uma tendência de aumento de concentração desses nutrientes à medida que se eleva a dose aplicada na cultura. De acordo com os autores, as raízes obtidas das cultivares Amanda e Carolina Vitória apresentaram maior teor de K, seguido de N e em menor concentração o P.

Obteve-se valores de produtividade comercial superiores a 30 t ha⁻¹ nos níveis de NPK de 1044, 1392 e 1740 kg ha⁻¹ combinados com todas as cinco concentrações de RC (Tabela 4). Destaca-se que todos os valores de produtividade comercial obtidos superaram o rendimento médio do Estado do Ceará (18,95 t ha⁻¹) e a média nacional (14,06 t ha⁻¹).

Tabela 9 – Produtividade comercial da batata doce em função de níveis de NPK e RC.

NPK (kg ha ⁻¹)	RC (mL L ⁻¹)				
	0	20	25	30	35
0	24880	23074	24736	29574	25449
696	31148	25619	30301	31097	29907
1044	31678	31963	34838	30130	38972
1392	34218	35384	34824	34519	35227
1740	34671	34532	39088	37241	36704

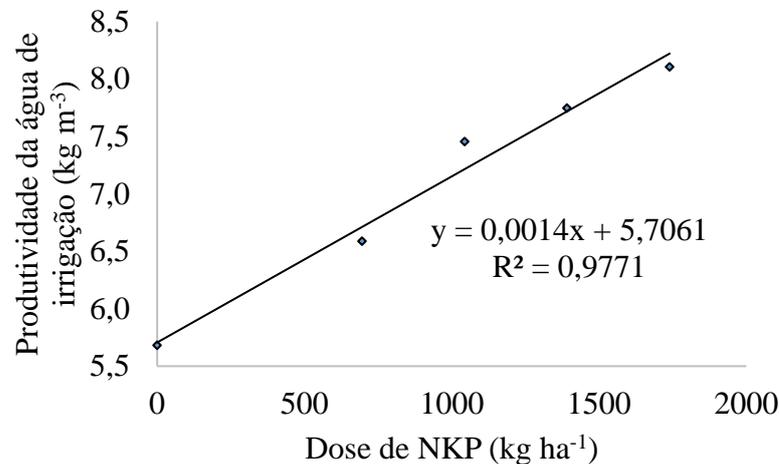
No que concerne a produtividade comercial, esses resultados revelam que variedades locais de batata doce podem atingir produtividades satisfatórias desde que esses materiais propagativos sejam cultivados e submetidos a um manejo adequado de adubação, irrigação e fitossanidade.

4.3.3 Produtividade da água de irrigação

O aumento da dose de NPK aplicada resultou no aumento da eficiência do uso da água, até alcançar o valor máximo de 8,1 kg m⁻³ com a aplicação da dose de 1740 kg ha⁻¹, na ausência de fertilizante obteve-se PAir de 5,7 kg m⁻³ (Figura 9). A lâmina acumulada ao longo

do ciclo produtivo da batata doce somou 449,6 mm, apresentando um volume total aplicado de 134,8 L de água por planta.

Figura 9 – Produtividade da água de irrigação (PAir) da batata doce em função de níveis de NPK.



Em comparação, os valores de PAir, obtidos por Mantovani et al. (2013) com as cultivares Duda e Amanda em Viçosa-MG, foram de 16,1 e 20,0 kg m⁻³, respectivamente, e são muito superiores aos valores observados para a variedade local objeto de estudo do presente trabalho.

É sabido que a demanda evapotranspirométrica dos cultivos varia ao longo do ano e é diferente para cada localização. Nogueira et al. (2015) estudaram o requerimento hídrico da cultura da batata doce em diferentes épocas de plantio no Estado do Rio Grande do Sul, e constataram que o mês de agosto apresenta necessidade hídrica menor, e novembro maior, sendo a menor lâmina de 354 mm e a maior de 666 mm. Portanto, a eficiência do uso da água pode ser elevada quando se utiliza materiais propagativos de qualidade associadas a um bom manejo de irrigação.

4.3.4 Função de produção da batata doce

O modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais obtidos foi o número dez sendo este polinomial quadrático, sem intercepto e sem interação entre as doses de NPK e concentrações de RC. Há evidências estatísticas significantes para afirmar que o modelo obtido é útil para estimar a produtividade da batata doce nas condições experimentais desta pesquisa, pois o teste F da equação foi significativo a 0,1% e apresentou R² de 91,95%. Observou-se coerência dos sinais das variáveis na representação de um fenômeno biológico, sendo os termos lineares positivos e termos quadráticos negativos. A equação obtida ajustada aos dados foi:

$$Y = 34,29X + 992,88E - 0,01126 X^2 - 14,31E^2 \quad (15)$$

Os parâmetros b_1 , b_2 , b_3 apresentaram significância a nível de 0,1%, entretanto o termo b_4 apresentou significância a nível de 7,68% (Tabela 10). Teodoro et al. (2013) estudando a função de produção de cana de açúcar em função de lâminas de irrigação e doses de N, obteve efeito quadrático da lâmina significativo a 25,23%, de acordo com os autores em equações polinomiais do segundo grau, os parâmetros quadráticos regem o fim das curvas de resposta da produtividade de culturas agrícolas aos fatores de produção, no entanto a partir do ponto máximo da curva, os valores de produtividade decrescem rapidamente, sendo um comportamento não visto na prática.

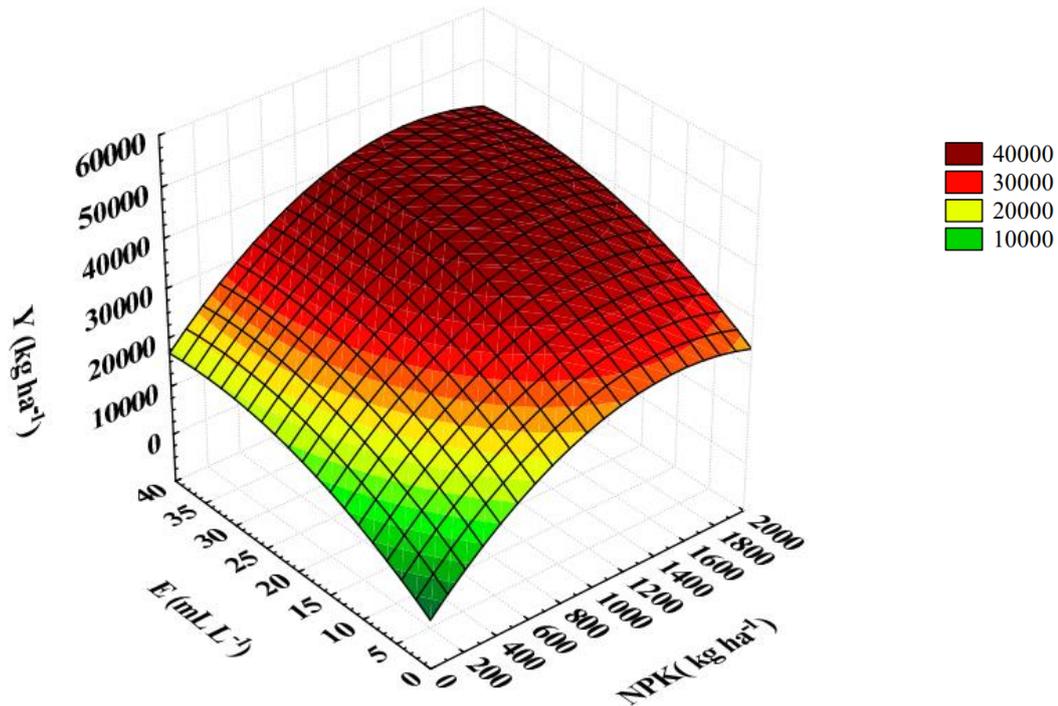
Tabela 10 – Valores dos coeficientes do modelo estatístico de resposta da produtividade da batata doce as doses de NPK e concentrações de RC, com os respectivos erros, teste (t) e probabilidade (Prob.>F).

Parâmetros	Fatores	Coefficientes	Erro padrão	T	Prob.>F
b_1	X	34,29	4,75	7,21	0,0000
b_2	E	992,88	258,74	3,84	0,0002
b_3	X^2	-0,011	0,00	-3,92	0,0002
b_4	E^2	-14,31	8,00	-1,79	0,0768

De acordo com o modelo escolhido o rendimento máximo estimado da batata doce é de 43.328,19 kg ha⁻¹, a ser obtido com o emprego de 1.522,64 kg ha⁻¹ de NPK e 34,69 mL L⁻¹ de regulador de crescimento.

Na Figura 8 tem-se a representação da superfície de resposta da função de produção estimada. Observa-se o aumento na produtividade da batata doce em função dos fatores NPK e RC.

Figura 10 – Superfície de resposta do rendimento da batata doce em função das doses de NPK e concentrações de RC.



4.3.5 Produtos físicos marginais do NPK e regulador de crescimento

Os produtos físicos marginais de NPK e RC, respectivamente, para as diferentes doses de NPK e concentrações de regulador de crescimento, são apresentados na Tabela 11. Os valores foram obtidos a partir das equações 15 e 16 obtidas através da derivada primeira da função de produção:

$$PM_G(X) = \frac{dY}{dX} = 34,29 - 0,02252X \quad (16)$$

$$PM_G(E) = \frac{dY}{dE} = 992,88 - 28,62E \quad (17)$$

Tabela 11 – Produto físico marginal do NPK para as diferentes doses de NPK (valor superior) e produto físico marginal do RC (valor inferior) para as diferentes concentrações de RC.

X (kg ha ⁻¹)	E (mL L ⁻¹)				
	0	20	25	30	35
0	34,29	34,29	34,29	34,29	34,29
	992,88	420,48	277,38	134,28	-8,82
696	18,63	18,63	18,63	18,63	18,63
	992,88	420,48	277,38	134,28	-8,82
1044	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
	992,88	420,48	277,38	134,28	-8,82
1392	2,97	2,97	2,97	2,97	2,97
	992,88	420,48	277,38	134,28	-8,82
1740	-4,86	-4,86	-4,86	-4,86	-4,86
	992,88	420,48	277,38	134,28	-8,82

Salienta-se que os valores de produto físico marginal de um fator não variaram em relação ao outro fator, este fato é explicado devido a ausência de interação significativa entre NPK e RC.

Os produtos físicos marginais de NPK e RC diminuem à medida que aumentam as doses de NPK e concentrações de RC, respectivamente. Ambos diminuem até atingir o valor zero, onde se dá o máximo rendimento. Para esta pesquisa, o produto marginal do NPK é zero quando a dose aplicada de NPK for igual a 1522,64 kg ha⁻¹. De forma similar, o produto marginal do RC atinge o valor zero com a concentração de 34,69 mL L⁻¹.

Os pontos da Tabela 6 em que o produto físico marginal do NPK e RC são negativos, respectivamente 1740 kg ha⁻¹ e 35 mL L⁻¹, evidenciam que há redução na produtividade da batata doce com o respectivo aumento da aplicação dos níveis de NPK e concentrações de RC. A partir de então, tornam-se antieconômicas as quantidades aplicadas dos dois fatores de produção.

Em consonância com o princípio da lei dos rendimentos decrescentes, observa-se que à medida que se aumenta as quantidades dos fatores de produção, a produtividade se eleva em quantidades cada vez menores até atingir o ponto de máximo rendimento. Esse comportamento é reportado em outras culturas agrícolas como melão (MONTEIRO et al., 2007) e melancia (SOARES et al., 2002).

4.3.6 Taxa marginal de substituição

Na Tabela 12 são apresentados os valores das taxas marginais de substituição (TMS_{X/E}) de RC por NPK. Os valores de TMS representam a quantidade de RC que deve substituir uma unidade do fator NPK de modo a manter a mesma produtividade.

Tabela 12 – Taxas marginais de substituição (TMS_{X/E}) de RC por NPK para diferentes níveis de produtividade.

X (kg ha ⁻¹)	28000		30000		35000		40000	
	E(mL L ⁻¹)	TMS						
500	18,94	-0,05	24,28	-0,08	*	*	*	*
600	14,66	-0,04	18,52	-0,04	*	*	*	*
700	11,48	-0,03	14,72	-0,03	27,66	-0,09	*	*
800	9,00	-0,02	11,88	-0,02	21,61	-0,04	*	*
900	7,01	-0,02	9,67	-0,02	18,05	-0,03	*	*
1000	5,43	-0,01	7,93	-0,02	15,53	-0,02	30,49	-0,10
1100	4,19	-0,01	6,57	-0,01	13,68	-0,02	25,10	-0,03
1200	3,24	-0,01	5,55	-0,01	12,33	-0,01	22,42	-0,02
1300	2,56	-0,01	4,82	-0,01	11,39	-0,01	20,78	-0,01
1400	2,14	0,00	4,37	0,00	10,81	0,00	19,83	-0,01

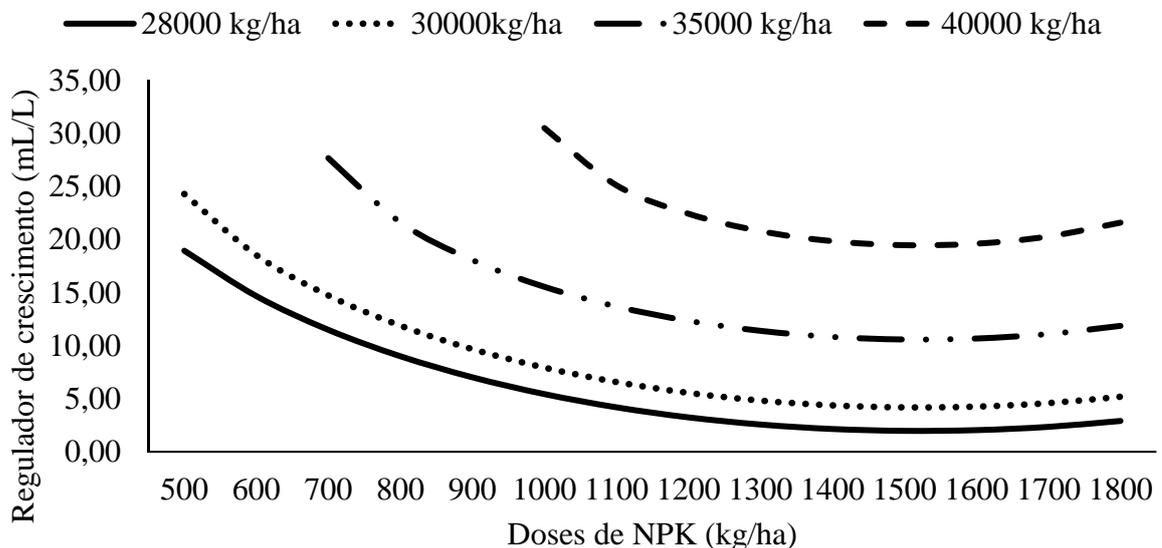
1500	1,97	0,00	4,18	0,00	10,58	0,00	19,45	0,00
1600	2,04	0,00	4,25	0,00	10,67	0,00	19,60	0,00
1700	2,34	0,00	4,58	0,00	11,09	0,01	20,28	0,01
1800	2,90	0,01	5,18	0,01	11,86	0,01	21,58	0,02

As combinações de quantidades de NPK e RC em que a TMS se tornar positiva, representam desperdício de insumos, pois seria necessário aplicar mais dos fatores de produção para um mesmo nível de rendimento estabelecido, portanto tornando a atividade anti-econômica.

4.3.7 Isoquantas

As isoquantas representam as diferentes combinações de doses de NPK e concentrações de RC que proporcionam um mesmo nível de produtividade (Figura 11). À medida que se eleva a produtividade tem-se uma redução das combinações possíveis de fatores de produção, até o ponto em que apenas uma combinação de NPK e RC é possível, sendo esta combinação a que proporciona o máximo rendimento da bata doce (43.328,19 kg ha⁻¹).

Figura 11 – Isoquantas para o rendimento da batata doce em função das doses de NPK e concentrações de regulador de crescimento



Observa-se que o fator RC pode ser substituído pelo NPK até um certo limite de modo a permitir a obtenção de um mesmo rendimento. O ponto de cada isoquanta em que a taxa marginal de substituição é nula ou infinita delimita a região de produção racional.

Devido ao formato convexo das isoquantas admite-se que existe substitutibilidade imperfeita entre os fatores de produção. Os fatores de produção somente seriam substitutos

perfeitos se suas TMS fossem uma constante, e seriam complementos perfeitos se suas isoquantas formassem ângulos retos (PINDYCK & RUBINFELD, 2013).

Pela perspectiva agrônômica, deduz-se que os resultados obtidos são coerentes, haja visto que as funções desempenhadas pelos nutrientes da formulação do NKP não seriam completamente executadas somente com hormônios vegetais do regulador de crescimento.

As isoquantas mostram combinações de insumos que podem otimizar a gestão agrícola, pois são informações que permitem ao produtor reagir eficazmente às mudanças nos mercados de insumos agrícolas. De acordo com Crisostomo et al. (2008) as isoquantas foram úteis para a tomada de decisão otimizada entre as possíveis combinações de níveis de N e K₂O para máxima produção de banana em Paraipaba-Ce atendendo a melhor relação de preço.

4.4 CONCLUSÕES

1. NPK e RC promovem aumento da média de número de raízes por plantas da variedade local, obtêm-se valores máximos de raízes por plantas com a dose 1333,3 kg ha⁻¹ de NPK e a concentração de 30 mL L⁻¹ de RC.
2. A formação de raízes totais e comerciais é menos eficiente na variedade local quando comparada ao potencial de cultivares e clones relatados na literatura.
3. A produtividade máxima estimada da batata doce é de 43.328,19 kg ha⁻¹, a ser obtida com aplicação de 1.522,64 kg ha⁻¹ de NPK e 34,69 mL L⁻¹ de regulador de crescimento.
4. Os fatores de produção, NPK e RC, não são substitutos perfeitos e nem complementos perfeitos.

REFERÊNCIAS

- AMARO, G. B.; TALAMINI, V.; FERNANDES, F. R.; SILVA, G. O.; MADEIRA, N. R. Desempenho de cultivares de batata-doce para rendimento e qualidade de raízes em Sergipe. **Revista Brasileira Ciência Agrária**, Recife, v.14, n.1, p. 1-6, 2019
- AMARO, G. B.; FERNANDES, F. R.; SILVA, G. O.; MELLO, A. F. S.; CASTRO, L. S. A. de. Desempenho de cultivares de batata doce na região do Alto Paranaíba-MG. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 35, n. 2, p. 286-291, 2017.
- ALVES, A. U.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, E. U.; A. N.; CARDOSO, E. A.; MATOS, B. F. Manejo da adubação nitrogenada para a batata-doce: fontes e parcelamento de aplicação. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1554-1559, 2009.
- AGUIAR, J.V. A função de produção na agricultura irrigada. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2005. 196p.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements)**. FAO. Irrigation and Drainage Paper Nº56, FAO, Rome, 298 p. 2006.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station, 1942. 124 p.

CRISOSTOMO, L. A.; MONTENEGRO, A. A. T.; SOUSA NETO, J. R. N. LIMA. Influência da adubação NPK sobre a produção e qualidade dos frutos de bananeira cv. “Pacovan”. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 01, p. 45-52, 2008.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. de. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso da água. **Bahia Agríc.**, v.7, n.1, p.57-60, 2005.

DANTAS, A. C. V. L., QUEIROZ, J. M. O.; VIEIRA, E. L.; ALMEIDA V. O. Influência do ácido giberélico e do bioestimulante stimulate[®] no crescimento inicial de tamarindeiro. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 008-014, 2012.

DELAZARI, F. T.; FERREIRA, M. G.; SILVA, G. H.; DARIVA, F. DALPRÁ; FREITAS, D. S.; NICK, C. Eficiência no uso da água e acúmulo de matéria na batata-doce em função de lâminas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 115-128, 2017.

ECHER F.R.; DOMINATO J.C.; CRESTE J.E. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, 27: 176-182, 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Batata-doce (Ipomoea batatas)**. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/classificacao.html>. Acesso em: 04 dez. 2019.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo da Batata-doce (Ipomoea batatas (L.) Lam)**. Instruções técnicas do CNPHortaliças. 18p. 1995.

FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT, Crops**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 21 dez 2020.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Índices de aridez do estado do Ceará**. Disponível: <http://www.funceme.br/?page_id=5826> Acesso em: 01 fev. 2020.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/guaraciaba-do-norte/panorama>>. Acesso em: 04 dez. 2019.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal - PAM** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 01 fev. 2020.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design parameters**. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.17, n.4, p.678-684. 1975.

MERRIAN, J.L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: A guide for management.** Logan: Agricultural and Irrigation Engineering Department, Utah State University, 1978. 271p.

MALDONADO, W.; VALERIANO, T. T. B.; ROLIM, G. S. EVAPO: A smartphone application to estimate potential evapotranspiration using cloud gridded meteorological data from NASA-POWER system. **Computers and electronics in agriculture**, v. 156, p. 187-192, 2019.

MASSAROTO, J. A.; MALUF W. R.; GOMES L. A. A.; FRANCO H. D.; GASPARINO C. F. Desempenho de clones de batata-doce. **Ambiência**, v. 10, n. 1, p.73-81. 2014.

MANTOVANI, E.C.; DELAZARI F.T.; DIAS L.E.; ASSIS, I.R.; VIEIRA, G.H.S.; LANDIM, F.M. Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, 31: 602-606, 2013.

MONTEIRO, R. O. C.; COSTA, R. N. T.; LEÃO, M. C. S.; AGUIAR, J. V. Aspectos econômicos da produção de melão submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 364-376, 2007.

NOGUEIRA, C. U.; PADRÓN, R. A. R.; NOGUEIRA, H. M. C. M.; CERQUERA, R. R. KOPP, L. M. Necessidades hídrica na cultura da batata-doce em diferentes localidades e épocas de plantio. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.4, n.3, p. 66-77, 2015.

OLIVEIRA, A. P.; GONDIM, P. C.; SILVA; O. P. R.; OLIVEIRA, A. N. P.; GONDIM, S. C.; SILVA, J. A.; Produção e teor de amido da batata-doce em cultivo sob adubação com matéria orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.8, p.830-834, 2013.

OLIVEIRA, A.P.; MOURA, M.F.; NOGUEIRA, D.H.; CHAGAS, N.G.; BRAZ, M.S.S.; OLIVEIRA, M. R. T.; BARBOSA, J.A. Produção de raízes de batata-doce em função do uso de doses de N aplicadas no solo e via foliar. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 279-282, 2006.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. E. L.; PEREIRA, W. E.; BARBOSA, L. N.; OLIVEIRA, A. N. P. de. Características produtivas da batata-doce em função de doses de P2 O5, de espaçamentos e de sistemas de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p. 611-617, 2006b.

OLIVEIRA, F. S.; PELLOSO, M. F.; NASSER, M. D.; ALBUQUERQUE, F. A.; RUPP, M. M. M. MANEJO INTEGRADO DE INSETOS-PRAGA DA BATATA-DOCE. **Revista de Agronegócio – Reagro**, v.8, n.2, p.61-72, 2019.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 8. ed. – São Paulo : Pearson Education do Brasil, 2013.

RÓS, A. B.; NARITA, N.; ARAÚJO, H. S. Efeito de bioestimulante no crescimento inicial e na produtividade de plantas de batata-doce. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n.5, p. 469-474, set-out, 2015.

SANTOS, J. F. dos. Fertilização orgânica de batata-doce com doses de esterco bovino e concentrações de biofertilizante. Areia - PB, 2008. Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

SANTOS NETO, A. R.; SILVA, TO; BLANK, A.F.; SILVA, J. O.; ARAÚJO FILHO, R. N. Produtividade de clones de batata doce em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 445-452. 2017.

SEVERINO, L.S.; LIMA, C.L.D.; FARIAS, V.A.; BELTRÃO, N.E.M. e CARDOSO, G.D. (2003) - Aplicação de regulador de crescimento em sementes de algodão, amendoim, gergelim e mamona. Campina Grande, 17p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 53).

SOARES, J. I.; COSTA, R. N. T.; SILVA, L. A. C.; GONDIM, R. S. Função de resposta da melancia aos níveis de água e adubação nitrogenada, no Vale do Curu, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.219-224, 2002.

TEODORO, I.; DANTAS NETO, J.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; BRITO, K. S.; SÁ, L. A.; SANTOS, M. A. L.; SARMENTO, P. L. V. S. Isoquantas de produtividade da cana-de-açúcar em função de níveis de irrigação e adubação nitrogenada. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 3, p. 387-401, julho-setembro, 2013.

THUMÉ, M. A.; DIAS, L. E.; SILVEIRA, M. A.; ASSIS, I. R. Níveis críticos foliares de nutrientes de três cultivares de batata-doce, selecionados para a produção de etano. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.6, p. 863-875, 2013.

VENDRUSCOLO, E. P.; RABELO, R. S.; CAMPOS, L. F. C.; MARTINS, A. P. B.; SEMENSATO, L. R.; SELEGUINI, A. Alterações físico-químicas em frutos de melão rendilhado sob aplicação de bioestimulante. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**. v. 11, n. 2, p. 459-463, 2017.

WOKORACH, G.; EDEMA, H.; MUHANGUZI, D. ECHODU, R. Prevalence of sweetpotato viruses in Acholi sub-region, northern Uganda. **Plant Biology**, v. 17, p. 42-47, 2019.

5 CAPÍTULO 3 - CUSTOS DE PRODUÇÃO DA BATATA DOCE E NÍVEL DE REPRODUÇÃO SOCIAL NA AGRICULTURA FAMILIAR

RESUMO: O registro e controle de custos de produção não é uma atividade comumente realizada por agricultores familiares. Entretanto, é essencial entender a composição dos custos para melhorar a gestão agrícola e garantir a continuidade da atividade agrícola. O objetivo deste trabalho foi identificar os custos de produção da batata doce, e simular o valor agregado e renda do agricultor para uma unidade de produção familiar que deseje implantar sistema de irrigação. Foi utilizado o método ABC de custeio, e determinados o custo médio, o custo fixo médio e o custo variável médio. A análise socioeconômica baseou-se na determinação de valor agregado e renda do produtor em função da superfície agrícola útil. Para produzir 1,0 kg de batata doce no período analisado foi necessária a despesa total de R\$ 0,47. A produção de batata doce na agricultura familiar apresentou como principal custo a mão de obra (R\$ 6.215,00 por hectare). Essa atividade agrícola permite a manutenção da atividade por agricultores familiares que possuem pequenas propriedades assegurando o nível de reprodução social nas condições estudadas.

Palavras chave: Valor agregado, Renda do agricultor, Gestão agrícola.

5.1 INTRODUÇÃO

A unidade de produção agrícola familiar é, juridicamente definida como sendo a união de indivíduos composto em família que exploram um conjunto de fatores de produção para produzir alimentos para si ou para comercialização, e se caracteriza por possuir até quatro módulos fiscais de área, a gestão da propriedade ser estritamente responsabilidade da família, utilizar mão de obra familiar, predominantemente para as atividades econômicas do estabelecimento e que no mínimo metade da renda familiar seja oriunda da atividade desenvolvida na propriedade (BRASIL, 2017).

No Brasil há 3,9 milhões de estabelecimentos que são classificados como propriedades de agricultores familiares e ocupam uma área de 80,9 milhões de hectares. No Nordeste, os Estados de Pernambuco e Ceará apresentam as mais elevadas proporções de área ocupada pela agricultura familiar no país (IBGE, 2017).

Culturas temporárias, tais como hortaliças e leguminosas são os principais alimentos produzidos pela agricultura familiar. De acordo com Faulin & Azevedo (2003), isso se explica devido a possibilidade de auferir bons resultados econômicos sem requerimento de grandes extensões de terra e não ser necessário muito conhecimento técnico dos agricultores.

Os resultados econômicos de estabelecimentos da agricultura familiar (valor agregado) podem ser maximizados com crédito rural. O crédito rural é instrumento de política agrícola criado na década de 1960, no entanto, a agricultura familiar somente foi contemplada em 1995 com a criação do PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar) (BIANCHINI, 2015). Para Gomes et al. (2021), o PRONAF é imprescindível para

agricultores familiares descapitalizados e que precisam de recurso financeiro para investir em suas propriedades.

Nesse sentido, contrair um empréstimo com agentes financeiros exige planejamento e gestão da produção, para que os agricultores possam arcar com seus compromissos assumidos. Aliado a isso, a administração pode auxiliar na tomada de melhores decisões e na obtenção de resultados ótimos em empreendimentos, independentemente do porte ou setor econômico no qual está inserido (ASSIS NETO & ROBLES JÚNIOR, 2021).

Na agricultura, devido as suas particularidades relacionadas principalmente a oscilações nos mercados de insumos e sazonalidade da produção, a gestão assume importância significativa para garantir a remuneração aos produtores rurais e a continuidade da produção de alimentos.

A gestão de custos é parte crucial na administração agrícola, a tomada de decisão quando é amparada por dados e informações assegura escolhas racionais e uso adequado dos fatores de produção (CONAB, 2010). No entanto, o registro e controle de custos de produção não é uma atividade comumente realizada por agricultores familiares.

Nesse contexto, este estudo teve como objetivo identificar os custos de produção da batata doce e calcular o valor agregado e renda do agricultor para uma unidade de produção familiar que deseje implantar sistema de irrigação para a cultura da batata doce.

5.2 METODOLOGIA

Para a análise dos custos de produção consideraram-se as despesas registradas durante o ciclo de produção da batata doce de setembro a dezembro de 2020. Os dados obtidos foram estimados para um hectare, considerando os custos e preço de comercialização reais decorrentes da produção comercial da batata doce durante o experimento.

A análise socioeconômica foi realizada a partir de simulações de aquisição de ativos para infraestrutura de irrigação sem financiamento e com financiamento por agricultores familiares.

Custos de produção

O levantamento e monitoramento dos custos de produção foi realizado na propriedade durante o ciclo da cultura. O método de custeio adotado foi o método ABC (Activity-Based Costing ou Custeio Baseado em Atividades) para identificar os custos de acordo com cada atividade executada no processo produtivo da cultura (BORNIA, 2002).

Os custos foram classificados em custos fixos e variáveis. Os custos fixos (CF) foram compostos pelos valores de depreciações dos itens do sistema de irrigação.

Os custos variáveis foram compostos por insumos (fertilizantes, regulador de crescimento e material propagativo), serviços e operações contratadas e mão de obra requerida durante o ciclo da cultura.

O custo total (CT) é o somatório do custo fixo total (CFT) e custo variável (CVT) total, conforme a equação:

$$CT = CFT + CVT \quad (1)$$

O custo médio total (CMe) é dado pela razão do custo total pela quantidade produzida (Q). Portanto, o custo médio fixo (CFMe) e custo médio variável (CVMe) são obtidos pela divisão do custo fixo e variável, respectivamente, pela quantidade produzida (Q), de acordo com as equações:

$$CMe = \frac{CT}{Q} \quad (2)$$

$$CFMe = \frac{CF}{Q} \quad (3)$$

$$CVMe = \frac{CV}{Q} \quad (4)$$

O preço de venda da batata doce foi R\$ 25,00 por caixa de 25 kg, conforme valores praticados na Central de Abastecimento de Tianguá (CEASA, 2020). O nível de produtividade comercial considerado foi de 34,85 t ha⁻¹.

Análise socioeconômica

A análise social consiste em expressar o potencial da atividade para geração de empregos e determinar o valor agregado da propriedade rural (SILVA NETO, 2009). O indicador valor agregado tem o objetivo de analisar a capacidade que a unidade produtiva apresenta para a geração de riquezas para sociedade e pode ser obtido conforme a equação:

$$VA = VBP - (CF + CV + D) \quad (5)$$

Sendo:

VA: valor agregado (R\$);

VBP: valor bruto da produção (R\$)

CF: custos fixos associados ao sistema de produção (R\$)

CV: custos variáveis associados ao sistema de produção, exceto o custo da mão de obra (R\$);

D: depreciação de equipamentos e instalações (R\$).

O valor bruto da produção (VBP) é determinado pelo produto da produtividade da cultura (kg ha^{-1}) pelo preço de venda do produto ($\text{R\$ kg}^{-1}$), associado à área estabelecida com a cultura (ha). Para o presente estudo, foi considerado o valor pago ao produtor de acordo com os valores praticados na Central de Abastecimento de Tianguá-CE no mês de dezembro de 2020.

A depreciação (D) dos bens do ativo imobilizado (poços, conjunto moto-bomba e sistema de irrigação) representa o desgaste ou a perda da capacidade de utilização (vida útil) dos elementos tangíveis ali classificáveis, resultantes do desgaste pelo uso da ação da natureza ou de obsolescência normal (provocada pela evolução tecnológica). A depreciação foi calculada conforme equação:

$$D = \frac{C-R}{n} \quad (6)$$

Sendo:

D: cota anual de depreciação, (R\$);

n: vida útil esperada (anos);

C: valor inicial do bem (R\$);

R: valor residual (R\$).

A análise econômica do sistema de produção foi realizada com base na determinação da renda do produtor rural (Equação 8).

$$RA = VA - (J + S + I) \quad (7)$$

Sendo:

RA: renda do produtor (R\$);

VA: valor agregado (R\$);

J: juros pagos aos bancos ou outro agente financeiro (R\$);

S: Salários pagos a trabalhadores (eventuais ou permanentes) (R\$)

I: Impostos (R\$).

O custo do consumo de energia elétrica para o sistema de irrigação foi estimado com base na Equação 9:

$$CE = 0,7457 \times Pot \times Tf \times PkWh \quad (8)$$

Sendo:

CE: custo da energia elétrica durante o ciclo da cultura (R\$);

0,7457: fator de conversão de cv para kW;

Pot: potência do motor (cv);

Tf: tempo de funcionamento do sistema (h);

PkWh: preço do kWh (R\$).

Para esse estudo se considerou dois cenários possíveis para a produção da batata doce, sem financiamento e com financiamento do PRONAF Mais Alimentos, de acordo com o Plano Safra 20-21, cuja linha tem taxa de 2,75% a.a. e prazo de pagamento de dez anos. No cenário com financiamento, o capital do empréstimo simulado tem a finalidade de arcar com os custos fixos iniciais da implantação de um sistema de irrigação por gotejamento para cultura da batata doce em 1,0 hectare.

A partir da determinação do valor agregado e da renda do agricultor obtidos para cada cenário estabelecido, foram elaborados modelos lineares que descrevem o valor agregado da produção da batata doce em função da superfície agrícola útil por unidade de trabalho (SAU/UT) e a renda do agricultor em função superfície agrícola útil por unidade de trabalho familiar (SAU/UTF). Uma unidade de trabalho corresponde a um adulto trabalhando com carga horas de oito horas por dia.

Considerando os modelos de renda do agricultor, identificou-se a superfície agrícola útil mínima para que o agricultor continue na atividade agrícola garantindo uma renda mínima representada pelo nível de reprodução social (NRS). Foi considerado um valor de R\$1100,00, equivalente a um salário mínimo mensal como NRS.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Custos de produção

Os custos de produção de um ciclo de cultivo da batata doce em um hectare estão discriminados na Tabela 13. Os custos variáveis constituem mais de 60% dos custos totais de produção. A mão de obra (R\$ 6.215,00) é o maior dentre os custos variáveis, seguido de serviços/operações (R\$ 5.991,00) e insumos (R\$ 3.805,32).

Tabela 13 – Custos de produção da batata doce para um ciclo (3 meses) em um hectare.

Custeio Baseado em Atividades					
Custo	Discriminação	und	qtd	valor unitário (R\$)	Total (R\$)
	A- Insumos				
	Sulfato de amônio	Kg	300	1,68	504,00
	superfosfato Simples	Kg	834	2,42	2.018,28
	Cloreto de potássio	Kg	259	2,56	663,04
	Reg. Cres. Stimulate	L	2	290	580,00
	Ramas de batata doce	kg	80	0,50	40,00
				subtotal A	3.805,32
	B- Mão de Obra				
	Mão de obra no preparo do solo	diária	40	40	1.600,00
Variável	Mão de obra no plantio	diária	16	40	640,00
	Mão de obra capina	diária	30	40	1.200,00
	Mão de obra na colheita	diária	30	40	1.200,00
	Mão de obra na lavagem	diária	45	35	1.575,00
				subtotal B	6.215,00
	C- Serviços/Operações				
	Aração e gradagem	H/T	4	60	240,00
	Energia elétrica	kw	500	0,35	175,00
	Custos logísticos	R\$/cx	1394	4	5.576,00
				subtotal C	5.991,00
	D- Depreciações				
	poço	R\$			90,00
Fixo	sistema de irrigação	R\$			198,8
	conjunto moto-bomba	R\$			180,00
				subtotal D	468,80
Custo Total	(A+B+C+D)				16.480,12
VBP	Valor Bruto de Produção do período				34.850,00
	Resultado líquido do período				18.369,88

Para produzir 1,0 kg de batata doce no período analisado foi necessária a despesa total de R\$ 0,47. O custo médio variável corresponde a 98% do custo médio, sendo necessário R\$ 0,46 para produzir 1,0 kg de batata doce ou R\$ 11,50 para produzir uma caixa de 25 kg . O custo fixo representa 2% do custo médio, sendo necessário R\$ 0,01 para produzir 1,0 kg de batata doce ou R\$ 0,34 para produzir uma caixa de 25kg (Tabela 14).

Tabela 14– Custo médio, custo fixo médio e custo variável médio em reais por quilo e em reais por caixa

Custo	R\$/kg	R\$/Cx 25kg
CM	0,47	11,82
CFM	0,01	0,34
CVM	0,46	11,49

O custo médio representou 47% do total do VBP do período, o custo fixo médio correspondeu a 1% e o custo variável médio representou 46% do VBP. O resultado líquido do período foi R\$ 18.369,88.

Melo et al. (2009) reportaram que a produção de batata doce é uma atividade econômica que permite a ocupação de trabalhadores no meio rural assegurando resultados financeiros satisfatórios e retorno do capital investido no município de Itabaiana-SE.

5.3.2 Análise Socioeconômica

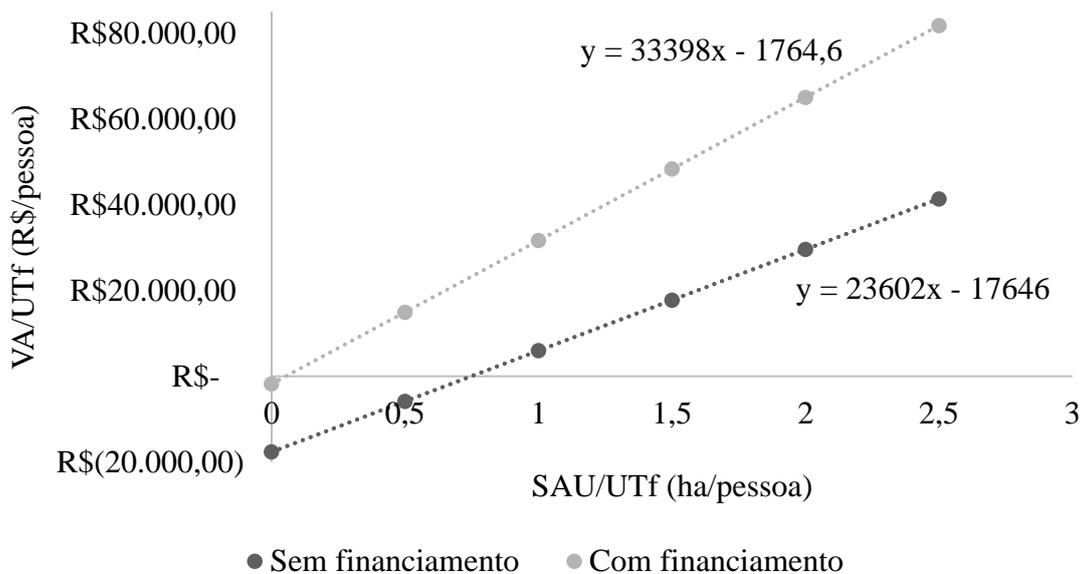
Na Tabela 15 são apresentados os custos de produção da batata doce considerando a necessidade de investimento inicial em reservatório de armazenagem de água para irrigação, conjunto moto-bomba e sistema de irrigação. Portanto, os custos fixos correspondem ao valor de aquisição de infraestrutura básica para a implantação de um sistema de irrigação em uma unidade de produção familiar.

Tabela 15 - Custos variáveis, custo de aquisição de sistema de irrigação (custo fixo), Valor bruto de produção e valor agregado da produção.

Custos	Discriminação	Valor (R\$)
Variáveis	Insumos	3.805,32
	Mão de obra	6.215,00
	Serviços/operações	5.991,00
	total custos variáveis	16.011,32
	Reservatório	8.000,00
Fixo	Sistema de irrigação	4.489,00
	Conjunto moto-bomba	5.157,00
	total custo fixo	17.646,00
	parcela de financiamento	1.764,60
	depreciação anual	1.452,15
VBP	Valor Bruto de Produção	34.850,00
VAcf	VA = VBP – (CF+CV+D) com financiamento	31.633,25
VAsf	VA = VBP – (CF+CV+D) sem financiamento	5.955,53

Os modelos de valor agregado em relação à superfície agrícola útil estão representados na Figura 12. Observa-se a contribuição social dos dois cenários (com e sem financiamento) sobre as necessidades de área e custo fixo da produção.

Figura 12 - Valor agregado em função da superfície agrícola útil para a unidade de produção de batata doce.



O cenário com financiamento apresenta contribuição marginal superior por unidade de área (33.398) comparado ao cenário sem financiamento (23.602), portanto se trata de um cenário mais intensivo e gera maior valor agregado por unidade de superfície agrícola útil. Os coeficientes lineares correspondem aos custos fixos de produção que não variam no curto prazo em ambos os casos.

Além disso, o financiamento desempenha papel fundamental para produtores descapitalizados executarem atividades agrícolas. Gomes et al. (2021) estudando o valor agregado de propriedades com sistemas orgânico e convencional no município de Guaraciaba do Norte-CE, constataram que os agricultores não conseguem suprir os gastos iniciais referente aos investimentos necessários para a produção somente com um hectare sem acesso a crédito rural.

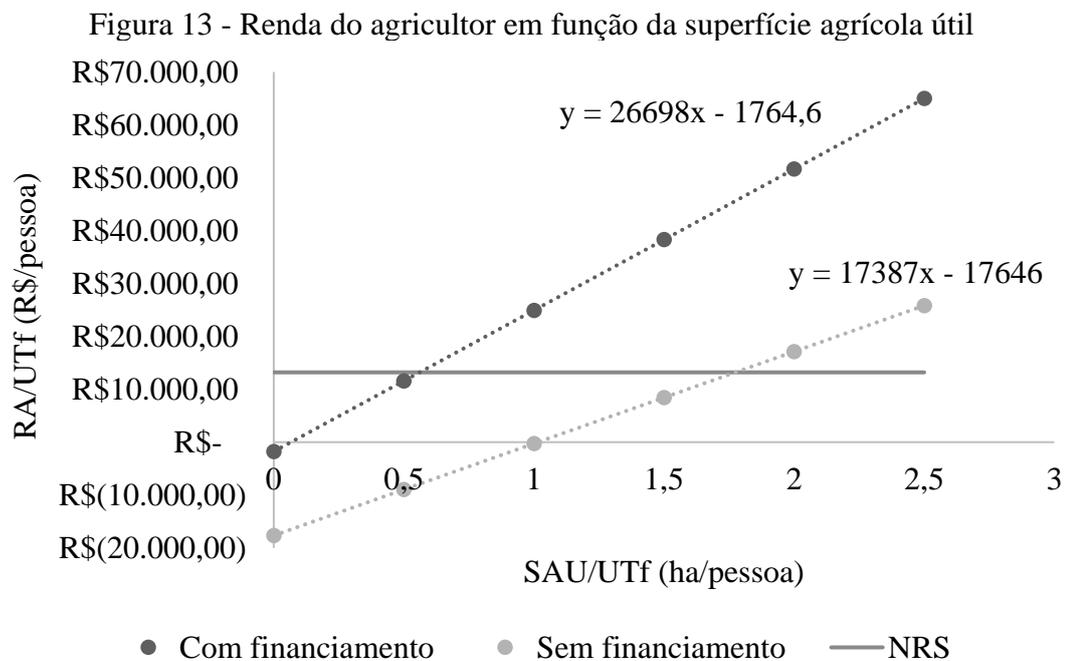
Na Tabelas 16 são apresentados os componentes para determinação da Renda do Agricultor (RA) para uma área de 1,0 ha para as condições com e sem financiamento, obtida pela diferença entre o valor agregado da produção e os custos com juros pagos à agentes financeiros e salários pagos aos trabalhadores para a produção. As despesas referentes a impostos foram desconsideradas em função do enquadramento de unidades de produção

familiar na Lei 9.393/1996 que concede imunidade tributária a pequenas propriedades rurais com até 30 ha.

Tabela 16 - Renda do agricultor correspondente a 1,0 ha (produtividade máxima) para as condições com e sem financiamento

Cenário	VA(R\$)	Juros(R\$)	Salários (R\$)	RA (R\$)
Com financiamento	31.633,25	485,30	6.215,00	24.932,95
Sem Financiamento	5.955,53	-	6.215,00	- 259,47

Na Figura 13 está representado o comportamento da renda do agricultor em função da superfície agrícola útil. Observa-se que a contribuição marginal da produção financiada apresenta maior valor (26.698) do que a produção não financiada (17.387).



Comparando os dois cenários admite-se que a produção não financiada necessitaria de uma superfície agrícola útil maior do que a produção financiada para promover a continuidade do agricultor na atividade agrícola garantindo a reprodução social da sua propriedade. Para alcançar o NRS seria necessário 0,56 ha com o investimento financiado contra 1,77 ha em uma condição sem financiamento.

Dessa forma, quanto maior os custos fixos da unidade de produção e menor a contribuição marginal, espera-se uma maior superfície agrícola útil para que o trabalhador obtenha uma renda suficiente que justifique sua continuidade na atividade agrícola.

A dinâmica da necessidade de maior acúmulo de terra para elevar a renda do agricultor também foi observado por Pinto (2021) na produção de mamão orgânico e por Silva (2017) na produção de tomate cereja, ambos no município de Pentecoste-CE.

Esses dados sugerem que o acesso ao fator de produção terra aliado a linhas de crédito destinadas a agricultores familiares podem contribuir para a redução da pobreza rural e estimular a criação de emprego e renda nas zonas rurais do país.

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O registro de custos de produção é fundamental para o planejamento da atividade agrícola. Tendo em vista o caso estudado, observou-se que na agricultura familiar, a cultura da batata doce tem como principal item de custo total a mão de obra, considerando a prática de cultivo na Serra da Ibiapaba-CE.

A produção de batata doce permite a manutenção da atividade por agricultores familiares que possuem pequenas propriedades assegurando o nível de reprodução social nas condições estudadas.

REFERÊNCIAS

ASSIS NETO, A.G.; ROBLES JÚNIOR, A. Aplicação do custeio direto em uma propriedade rural de pequeno porte. **Custos e @gronegocio**. v. 17, n. 1, p. 184-216, 2021.

BIANCHINI, V. **Vinte anos do PRONAF, 1995 - 2015: avanços e desafios**. Brasília: SAF/MDA, 2015. 113 p.

BRASIL. **Decreto nº 9.064, de 31 de maio de 2017**. Dispõe sobre a Unidade Familiar de Produção Agrária, institui o Cadastro Nacional da Agricultura Familiar e regulamenta a Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, que estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e empreendimentos familiares rurais. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9064.htm. Acesso em: 12 jun 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996**. Dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, sobre pagamento da dívida representada por Títulos da Dívida Agrária e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19393.htm. Acesso em: 10 jun 2021.

BORNIA, A. C. **Análise gerencial de custos: Aplicação em empresas modernas**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CEASA – Central de Abastecimento do Ceará. **Boletim informativo diário de 24/12/2020**. Sistema Nacional de Informação de Mercado Agrícola-SIMA: Tianguá, 2020.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de Produção Agrícola: A metodologia da Conab**. Brasília: Conab, 2010. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/images/arquivos/informacoes_agricolas/metodologia_custo_producao.pdf>. Acesso em: 29 maio 2021.

FAULIN, E. J.; AZEVEDO, P. F. Distribuição de hortaliças na agricultura familiar: uma análise das transações. **Informações Econômicas**, v.33, n.11, p.24-37, 2003.

GOMES, M. D. A.; COSTA, R. N. T.; ROJAS, G. G.; OLIVEIRA, F. T. O.; NUNES, K. G. Sustainability of organic and conventional irrigated systems based on family farming. **Irriga**, Edição Especial – Nordeste, v. 1, n. 1, p. p. 14-29, 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**, Resultados definitivos Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pdf/agricultura_familiar.pdf. Acesso em: 12 jun 2021.

MELO, A. S.; COSTA, B. C.; BRITO, M. E. B.; NETTO, A. O. A; VIÉGAS, P. R. A. Custo e rentabilidade na produção de batata-doce nos perímetros irrigados de Itabaiana, Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 119-123, 2009.

PINTO, C. S. **Indicadores técnicos e econômicos do mamoeiro aos fatores de produção água e composto orgânico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

SILVA, V. B. **Resposta do tomate cereja sob cultivo orgânico aos níveis de água e diferentes tipos de cobertura morta**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SILVA NETO, B; DEZEN, M; SANTOS, P. E. O conceito de reprodução social na análise de unidades de produção agropecuária. **Teoria e Evidência Econômica** - Ano 15, n. 32, p. 87-108, jan./jun. 2009.

SILVA NETO, B. **Sistemas de produção e agroecologia**. Cerro Largo: Universidade Federal da Fronteira Sul, 2016. 84 p.

APÊNDICE

Tabela 1 – Média de raízes por planta

NPK (kg/ha)	REG CRESC (mL/L)	BLOCOS			
		I	II	III	IV
0	0	5,1	4,1	5,4	3,9
	20	4,8	5,0	4,9	4,9
	25	4,0	6,6	6,0	4,8
	30	6,6	6,5	6,1	5,6
	35	3,9	7,1	6,0	4,1
696	0	3,6	5,3	6,0	5,0
	20	5,4	4,6	5,9	6,4
	25	4,8	6,3	7,4	6,5
	30	4,5	6,0	6,1	7,6
	35	4,8	8,4	6,1	6,4
1044	0	5,4	6,5	5,8	5,1
	20	4,8	7,0	6,6	5,6
	25	5,1	6,5	6,8	5,5
	30	6,4	9,3	7,4	8,4
	35	4,4	9,1	8,0	6,9
1392	0	3,0	4,1	5,6	5,0
	20	6,1	5,5	6,6	4,9
	25	5,0	5,1	7,4	4,9
	30	7,6	6,5	8,6	6,4
	35	6,8	5,1	8,5	7,4
1740	0	5,4	5,0	5,8	4,9
	20	4,4	7,1	6,5	6,3
	25	5,1	5,8	6,3	6,3
	30	5,9	6,8	6,5	8,4
	35	5,1	7,6	6,5	7,1

Tabela 2 – Média de raízes comerciais por planta

NPK (kg/ha)	REG CRESC (mL/L)	BLOCOS			
		I	II	III	IV
0	0	3,8	2,5	3,8	2,4
	20	2,4	3,5	3,3	3,1
	25	3,3	3,9	3,4	3,4
	30	3,5	4,8	4,3	3,8
	35	3,0	4,3	3,9	2,3
696	0	2,6	3,6	3,1	3,4
	20	2,8	3,1	4,3	3,9
	25	3,4	3,9	4,3	4,0
	30	3,8	3,1	3,5	5,0
	35	3,0	5,4	4,0	3,5
1044	0	2,9	4,5	3,9	3,5
	20	3,9	4,0	4,9	4,3
	25	3,9	4,6	5,4	3,4
	30	4,1	5,0	4,4	4,8
	35	3,1	6,0	5,5	4,9
1392	0	2,1	3,3	3,6	3,5
	20	4,1	3,9	4,6	4,0
	25	3,4	3,9	4,9	3,5
	30	3,9	5,0	4,8	4,1
	35	3,6	3,5	5,1	4,8
1740	0	2,9	3,3	4,3	3,4
	20	3,6	4,5	4,9	4,5
	25	3,6	4,5	4,4	4,4
	30	4,1	5,1	4,1	5,1
	35	3,9	4,9	5,0	4,4

Tabela 3 – Produtividade Total (kg/ha) da batata doce

NPK (kg/ha)	REG CRESC (mL/L)	BLOCOS			
		I	II	III	IV
0	0	27407	27981	28296	24537
	20	29407	26185	27296	17907
	25	29426	26241	25537	26537
	30	32333	35833	26241	32037
	35	24000	31685	31148	22481
696	0	28889	38741	35481	33148
	20	23852	25778	32426	29815
	25	31481	25741	40944	33630
	30	43148	28148	32870	31778
	35	31778	41111	28130	28852
1044	0	32037	35130	31889	37537
	20	40000	34204	34259	28926
	25	33778	37815	41148	37519
	30	34648	36907	30000	32259
	35	37407	43000	43037	42593
1392	0	34074	37889	40500	31889
	20	36370	40000	39500	33778
	25	32852	42778	38667	33426
	30	33556	38148	44444	36981
	35	35481	37111	41574	39537
1740	0	31889	34759	37889	46500
	20	32796	36259	42167	36954
	25	49519	29907	48185	37444
	30	40204	44074	38685	38426
	35	37648	38926	42519	38333

Tabela 4 – Produtividade Comercial (kg/ha) da batata doce

NPK (kg/ha)	REG CRESC (mL/L)	BLOCOS			
		I	II	III	IV
0	0	25741	25907	26519	21352
	20	26111	24556	25519	16111
	25	27981	23907	22426	24630
	30	29130	34074	25222	29870
	35	22593	30056	28815	20333
696	0	27222	35574	30926	30870
	20	20941	24296	29981	27259
	25	29000	24926	35741	31537
	30	41463	24889	30019	28019
	35	30481	37833	26333	24981
1044	0	28804	32889	29796	35222
	20	37889	30944	32259	26759
	25	31833	35389	38259	33870
	30	31833	33778	26296	28611
	35	35630	39815	40667	39778
1392	0	32111	36944	37259	30556
	20	33852	38426	36963	32296
	25	31093	41333	35667	31204
	30	29074	35907	39074	34019
	35	32444	35593	37093	35778
1740	0	26796	32389	35759	43741
	20	31481	33185	39259	34204
	25	46704	28370	46630	34648
	30	37630	42093	34907	34333
	35	35870	35407	40389	35148