

Relação entre a infraestrutura de inovação tecnológica e a produtividade na cultura do amendoim

Sandra Cristina de Oliveira

Fabiano Pinto Neves

Leandro Paloma Mantovani

Adriana dos Santos Dias

Mário Mollo Neto

Juliano Endrigo Sordan

Como citar: OLIVEIRA, Sandra Cristina de; NEVES, Fabiano Pinto; MANTOVANI, Leandro Paloma; DIAS, Adriana dos Santos; MOLLO NETO, Mário; SORDAN, Juliano Endrigo. Relação entre a infraestrutura de inovação tecnológica e a produtividade na cultura do amendoim. *In:* LOURENZANI, Ana Elisa Bressan Smith; MORALES, Angélica Gois; SATOLO, Eduardo Guilherme; PIGATTO, Gessuir; MOREIRA, Fábio Mosso; MELO, Luana Fernandes (org.). **Agronegócio, desenvolvimento e a agenda 2030:** contribuições interdisciplinares. Marília: Oficina Universitária; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2024. p. 211-232. DOI: <https://doi.org/10.36311/2024.978-65-5954-534-6.p211-232>



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Sin derivados 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

CAPÍTULO 9

Relação entre a infraestrutura de inovação tecnológica e a produtividade na cultura do amendoim

*Sandra Cristina DE OLIVEIRA*¹

*Fabiano Pinto NEVES*²

*Leandro Paloma MANTOVANI*³

*Adriana dos Santos DIAS*⁴

*Mário MOLLO NETO*⁵

*Juliano Endrigo SORDAN*⁶

¹ Departamento de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia, Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Tupã, São Paulo, Brasil, e-mail: sandra.oliveira@unesp.br.

² Programa de Pós-graduação em Agronegócio e Desenvolvimento (PGAD), Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Tupã, São Paulo, Brasil, e-mail: fabiano.neves@unesp.br.

³ Programa de Pós-graduação em Agronegócio e Desenvolvimento (PGAD), Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Tupã, São Paulo, Brasil, e-mail: l.mantovani@unesp.br.

⁴ Programa de Pós-graduação em Agronegócio e Desenvolvimento (PGAD), Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Tupã, São Paulo, Brasil, e-mail: adriana.s.dias@unesp.br.

⁵ Departamento de Engenharia de Biosistemas, Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Tupã, São Paulo, Brasil, e-mail: mario.mollo@unesp.br.

⁶ Faculdade de Tecnologia de Sertãozinho (FATEC), São Paulo, Brasil, e-mail: juliano.sordan@fatec.sp.gov.br.

INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma planta herbácea, cujas sementes contêm em torno de 25% de proteína e 50% de óleo comestível. O grão é considerado um dos alimentos mais nutritivos e energéticos, sendo utilizado na indústria de alimentos como matéria-prima para a fabricação de produção de óleo e confeitos (Gerico *et al.*, 2020).

Em 2020, os maiores produtores de amendoim do mundo foram China, Índia, Nigéria, EUA, Sudão, Argentina e Brasil, respectivamente, onde a China foi responsável por uma produção de aproximadamente 17,5 milhões de toneladas. Ainda em 2020, os maiores importadores de amendoim em grão foram Holanda, Indonésia, China, Rússia e Alemanha, respectivamente (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023). Nesse mesmo ano, o volume de importação do amendoim em grão foi de aproximadamente US\$ 3,3 bilhões e do óleo de amendoim foi de quase US\$ 440 milhões no mercado mundial, do qual o Brasil teve 7% e 13% de participação, respectivamente (Trade Map, 2022).

Com um crescimento exponencial de 100% na última década, a produção de amendoim no Brasil chegou a quase 700 mil toneladas na safra 2021/22 (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2022a). Esse aumento se deve à adoção de novas tecnologias no segmento da produção, com novas cultivares mais adaptáveis, resistentes e produtivas, com a inserção da colheita mecanizada e com as mudanças institucionais ocorridas a partir da elaboração de normas e regras de produção visando assegurar a sanidade dos produtos (Akram *et al.*, 2022).

A cultura do amendoim é bastante relevante ao agronegócio do estado de São Paulo, que é o maior produtor do país, tendo sido responsável pela produção de 561,6 mil toneladas na safra 2021/22, ou seja, representando quase 90% da produção nacional (CONAB, 2022b).

As principais regiões produtoras de amendoim dentro do estado de São Paulo são, a Alta Mogiana, na qual a produção se concentra prin-

principalmente nos municípios de Ribeirão Preto, Dumont, Jaboticabal e Sertãozinho; e a Alta Paulista, cuja produção é mais representativa nos municípios de Tupã e Marília (Sampaio; Fredo, 2021). Além disso, estima-se que 80% das áreas de reforma de canais do estado são ocupadas pela cultura do amendoim (Sampaio, 2016). Portanto, a inclusão dessa cultura em áreas de renovação de canais vem tornando-a cada vez mais competitiva no país.

Ainda que a cultura do amendoim seja explorada no estado de São Paulo desde a década de 1940, reunindo mais de 80 espécies, observa-se uma necessidade de mais investimentos em infraestrutura, máquinas, tecnologias e pessoal, de modo a gerar inovações capazes de alcançar maior produtividade, rentabilidade e competitividade (Sampaio; Fredo, 2021).

Segundo Martins e Vicente (2010), a capacidade de inovar e de adaptar-se às exigências e demandas de mercado depende em grande parte das estratégias, adoção e desenvolvimento de novas tecnologias. Portanto, deve haver “[...] a maximização e a criação de sinergias das partes envolvidas na cadeia produtiva para que haja o atendimento mais eficiente e eficaz, com menores custos, às necessidades do consumidor” (Armelin; Silva; Colucci, 2016, p. 80).

De fato, as mudanças tecnológicas na produção e no beneficiamento de amendoim e as transições ocorridas nas instituições estão diretamente ligadas ao atual cenário de produção da cultura, ou seja, elas vêm impactando no volume de produção, na qualidade e competitividade do produto, bem como na participação mais efetiva no atendimento às demandas do mercado interno e externo (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2014). Nesse sentido, a Tecnologia da Informação tem se tornado cada vez mais relevante ao agronegócio, contribuindo para a inovação na produção de alimentos e a segurança alimentar.

A Agricultura 4.0 consiste em um conjunto de tecnologias digitais integradas (sistemas, aplicativos e máquinas) desenvolvidas para otimizar a produção agrícola em todas as suas etapas, ou seja, desde o plantio até a colheita (Pereira Silva *et al.*, 2019). Portanto, o uso conjuntamente da

agricultura de precisão, *big data* e internet das coisas pode levar a uma maior eficiência da gestão e da produção agrícola, visto que tais tecnologias têm sido utilizadas no planejamento e controle de diversas culturas (Braun; Colangelo; Steckel, 2018); no uso inteligente dos dados coletados por meio de tecnologias avançadas (Mancini; Frontoni; Zingaretti, 2019); assim como em práticas sustentáveis (Symeonaki; Arvanitis; Piromalis, 2020).

As ferramentas da Agricultura 4.0 geram e analisam uma grande quantidade de dados e, ao integrar os processos de gestão e de produção e garantir a profissionalização das atividades e a sustentabilidade nos processos produtivos, facilitam as tomadas de decisões proporcionando redução de custos e maiores produtividade e lucratividade (Pereira Silva *et al.*, 2019). Portanto, compreender a associação entre o uso das novas tecnologias e o efeito desse uso na produtividade da cultura do amendoim, possibilita o estabelecimento de cenários que auxiliarão na tomada de decisão quanto a melhoria da dinâmica e da competitividade da cadeia produtiva.

Esse capítulo apresenta a infraestrutura tecnológica, baseada na Agricultura 4.0, relativa a máquinas e equipamentos, insumos, armazenagem e gestão utilizados pelos produtores de amendoim na região Oeste Paulista. Especificamente, é feita uma associação dessa infraestrutura à produtividade da referida cultura, de forma a verificar a implicação do uso desses itens de inovação tecnológica sobre a produtividade.

O conceito de inovação tecnológica está associado ao surgimento de tecnologias inéditas geradas em ambiente de pesquisa científica que proporcionem maior qualidade e produtividade, fator essencial para o desenvolvimento da produção de amendoim, à semelhança de outras culturas e setores da economia (Sharif, 2012). Nesse sentido, o mundo está se tornando “[...] dramaticamente mais interconectado, interdependente e competitivo, onde fomentar a inovação surgiu como a principal estratégia para a prosperidade socioeconômica” (Sharif, 2012, p. 599).

Diante desse contexto, a temática tratada nesse capítulo alinha-se aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) nos termos das seguintes metas:

Meta 9.5 Fortalecer a pesquisa científica, melhorar as capacidades tecnológicas de setores industriais em todos os países, particularmente os países em desenvolvimento, inclusive, até 2030, incentivando a inovação e aumentando substancialmente o número de trabalhadores de pesquisa e desenvolvimento por milhão de pessoas e os gastos públicos e privado em pesquisa e desenvolvimento.

Meta 9.b Apoiar o desenvolvimento tecnológico, a pesquisa e a inovação nacionais nos países em desenvolvimento, inclusive garantindo um ambiente político propício para, entre outras coisas, a diversificação industrial e a agregação de valor às commodities (GT Agenda 2023, 2022).

A temática e os objetivos deste trabalho estão inter-relacionados com as áreas de Administração, Agronomia, Estatística, Sistemas de Informação, Economia, dentre outras. Portanto, dada a abrangência multidisciplinar das áreas relacionadas, considera-se que os resultados desta pesquisa contribuem à linha de Competitividade de Sistemas Agroindustriais do PGAD ao propiciar informações importantes quanto às vantagens da utilização de determinadas tecnologias nas atividades agrícolas para uma produção mais limpa e sustentável.

Utilizou-se como instrumento de coleta um formulário com questões de múltipla escolha. Esse formulário foi aplicado a uma amostra aleatória de 29 produtores de amendoim da região Oeste Paulista (na qual está inserida a região Alta Paulista) que utilizaram sistemas convencionais e conservacionistas durante o segundo semestre de 2022 (safra 2022/23).

Os produtores pesquisados estão localizados nos principais municípios com produção de amendoim da região Oeste Paulista, sendo eles, Adamantina, Arco-Íris, Bastos, Getulina, Guaimbé, Herculândia, Iacri,

Marília, Martinópolis, Nantes, Parapuã, Presidente Prudente, Quatá, Quintana, Rancharia, Sagres e Tupã. A quantidade de produtores rurais pesquisados corresponde a 20% de toda a área plantada na região Oeste Paulista, representando um significativo recorte da região produtora de amendoim.

As questões do formulário são concernentes ao tipo de agricultor (familiar ou não familiar), área plantada, destino da produção e produtividade de amendoim, bem como a adoção de itens de inovação tecnológica (na safra 2022/23) relativos a:

- Máquinas e equipamentos: Pulverizador automotriz; Colhedoras; Sistema de Posicionamento Global (GPS); Barra de luzes; Corte de secções no pulverizador; Piloto automático; Correção de sinal GPS; Fertilizante em taxa variável; Aplicações utilizando Veículos Aéreos Não Tripulados (Drones); e Sistema de telemetria.
- Insumos: Análise anual de solo; Aplicação de macrobiológicos; Manejo integrado de pragas (MIP); e Manejo integrado de doenças (MID)
- Tipo de armazenagem: Secador; e Armazém.
- Gestão: Assistência agrônômica da cooperativa/revenda; Assistência agrônômica própria; Aplicativos voltados para o agronegócio; *Softwares* de gestão de negócios; Operadores treinados; Gestão do negócio realizada por profissional; e Certificado de qualidade.

Os dados obtidos foram analisados usando estatística descritiva (gráficos e porcentagens) e, em seguida, foram aplicados testes G de independência. O teste G é um teste não paramétrico, semelhante em todos os aspectos ao teste do qui-quadrado (χ^2), utilizado para verificar a associação entre duas variáveis qualitativas, dispostas em tabelas de contingência ou de dupla-entrada, especificamente quando o tamanho da amostra é menor que 40 e ocorrerem frequências esperadas menores que '5' (Fávero;

Belfiore, 2017). Nesse capítulo, as tabelas de contingência são mostradas geometricamente, ou seja, foram resumidas por meio de gráficos.

Os testes não paramétricos são recomendados para a formulação de hipóteses sobre determinadas características qualitativas de uma população, podendo ser aplicados para dados de natureza qualitativa, em escala nominal ou ordinal (Fávero; Belfiore, 2017). Assim, para uma probabilidade de significância obtida a partir dos dados (valor-p) menor ou igual ao nível de significância de 5% estabelecido para o teste, rejeitou-se a hipótese nula H_0 de independência entre as variáveis produtividade e um dado item de inovação tecnológica, concluindo que existe uma associação significativa entre as duas variáveis analisadas (Martins, 2005).

PERFIL DO PRODUTOR RURAL, ÁREA PLANTADA, DESTINO DA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DE AMENDOIM NA REGIÃO DO OESTE PAULISTA

Segundo os dados da pesquisa, 35% dos produtores pesquisados podem ser caracterizados como agricultores familiares, de acordo com a Lei Federal n.º 11.326, de 24 de julho de 2006 – que estabelece as diretrizes para a Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais no Brasil (Antunes, 2011; Brasil, 2006).

As vendas da produção de 83% dos produtores rurais são exclusivamente ao mercado nacional. Do restante (17%), 7% são agricultores familiares, com cultivo de 242 a 605 hectares, que possuem certificação de qualidade da Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Amendoim e Balas (ABICAB) e fornecem o produto para os mercados nacional e internacional. Já os outros 10% destinam seus produtos exclusivamente para o mercado internacional, sendo que 3% desses produtores têm uma produção de até 1.815 hectares e 7% em torno de 2.420 hectares. Ainda desses 10%, cerca de 70% dos produtores possuem certificação de qualidade.

Quanto ao destino das exportações, parte relevante do amendoim produzido pelos produtores pesquisados vai para os seguintes mercados: Rússia, Argélia, Ucrânia, União Europeia (14 países), Dubai, Marrocos e Colômbia.

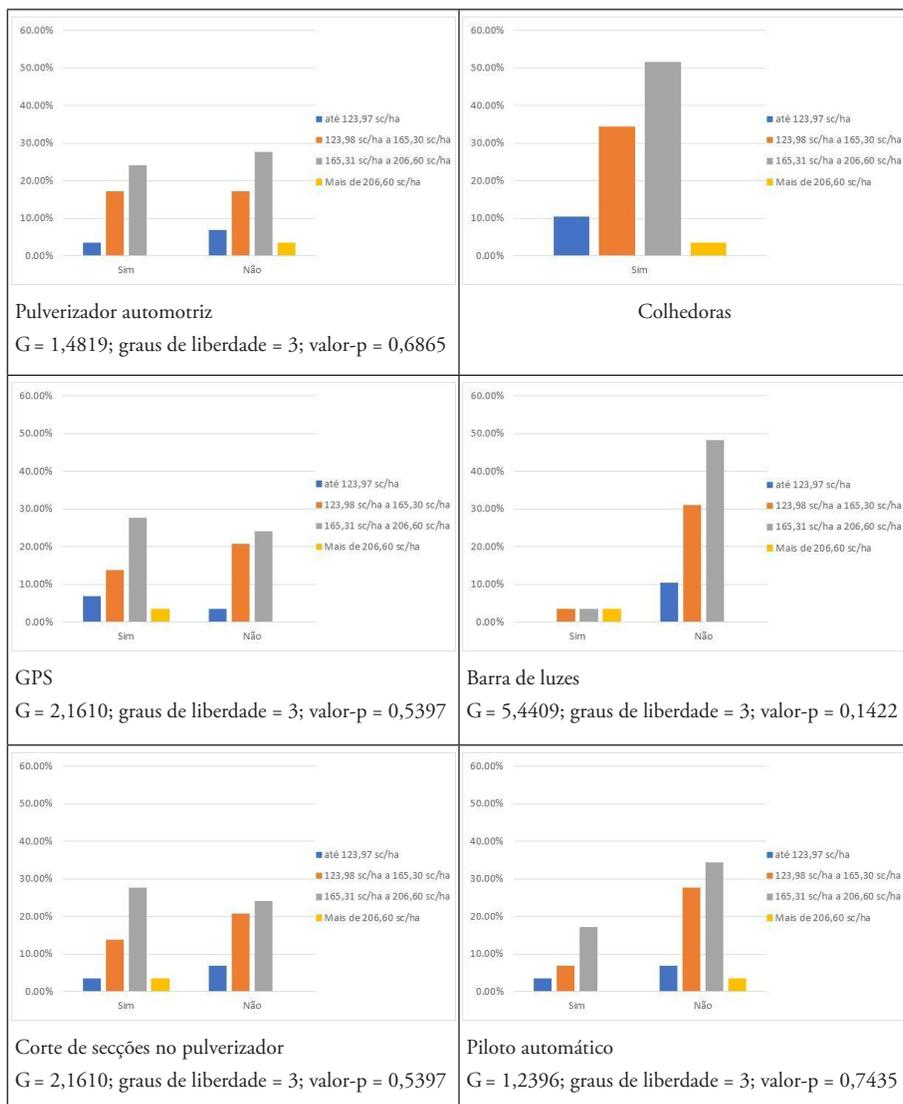
Além disso, cerca de 56% dos produtores rurais apresentaram produtividade acima de 165,30 sacas por hectare (sc/ha) na safra de 2022/23, ou seja, acima de 4.132,5 quilogramas por hectare (kg/ha). Cabe ressaltar que, nessa mesma safra, a produtividade média de amendoim no estado de São Paulo foi de 3.848,0 kg/ha, ou equivalentemente, 153,92 sc/ha (CONAB, 2022b), o que evidencia a representatividade da região Oeste Paulista no cenário da produção de amendoim desse estado.

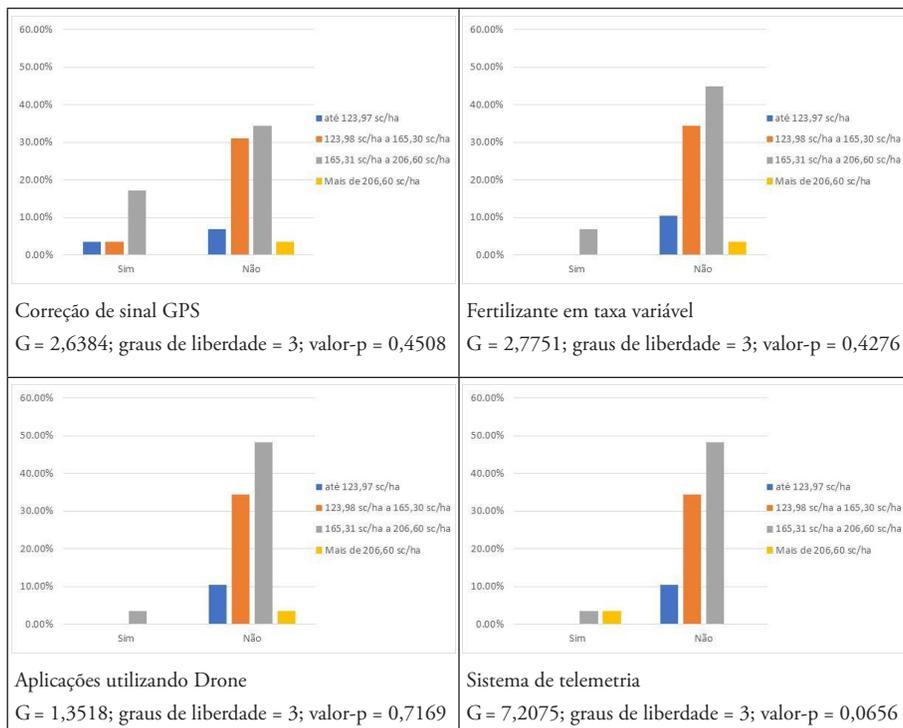
RELAÇÃO ENTRE A INFRAESTRUTURA DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E A PRODUTIVIDADE DE AMENDOIM

Quanto à infraestrutura de inovação tecnológica, a Figura 1 mostra a estrutura existente em termos de máquinas e equipamentos utilizada pelos produtores rurais na produção do amendoim.

Observa-se que todos os produtores pesquisados possuem colhedoras (Figura 1.b), e que uma porcentagem significativa de produtores possui pulverizador automotriz (Figura 1.a), utiliza GPS (Figura 1.c) e faz corte de seções no pulverizador (Figura 1.e). Já uma porcentagem menos significativa utiliza piloto automático (Figura 1.f) e correção de sinal GPS (Figura 1.g). Por outro lado, a grande maioria dos produtores não faz aplicações de fertilizante em taxa variável (Figura 1.h) ou utiliza Drones (Figura 1.i) para tais aplicações, nem utiliza sistema de telemetria (Figura 1.j) ou barra de luzes (Figura 1.d).

Figura 1 – Máquinas e equipamentos utilizados pelos produtores rurais versus produtividade (sc/ha)





Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados da pesquisa (2022). *Significativo a 5%, indicando que as variáveis estão associadas.

O Sistema de Posicionamento Global ou GPS é um equipamento utilizado para navegação, comunicação, medição e delimitação de áreas, proporcionando uma redução nos riscos de perdas. Quanto aos sistemas de piloto automático em tratores, colheitadeiras e outras máquinas agrícolas, esses funcionam por meio de uma antena instalada no teto das máquinas que recebe os sinais de satélite vindos do GPS, permitindo que o veículo seja guiado automaticamente, sem a interferência do operador (Pereira Silva *et al.*, 2019). Já os veículos aéreos não tripulados ou drones são instrumentos que podem ser utilizados na análise de áreas, na verificação de ataques de pragas ou doenças e na investigação de falhas no plantio. A telemetria, por sua vez, é um sistema que coleta e compartilha dados sobre máquinas, equipamentos e veículos remotamente, monitorando trajetos, consumo de combustível e reabastecimento, dentre outras finalidades (Pereira Silva *et al.*,

2019). A barra de luz é um equipamento utilizado para orientar um veículo em faixas adjacentes, de forma a obter mais precisão e uniformidade na distribuição de corretivos e fertilizantes no solo. Já a aplicação de fertilizante em taxa variável é um recurso que permite a aplicação de taxas diferentes de fertilizante em cada parte do solo, de acordo com as suas características e o rendimento planejado (Armelin; Silva; Colucci, 2016).

A Figura 1 mostra ainda os valores-p dos testes G aplicados à verificação da independência entre cada um dos itens de máquinas e equipamentos utilizados (ou não) pelos produtores rurais e a produtividade. Observou-se que nenhum item está significativamente associado à produtividade, de acordo com os testes estatísticos. De fato, os dados mostram que a estrutura relativa às máquinas e equipamentos da Agricultura 4.0 na região Oeste Paulista ainda é incipiente entre os produtores pesquisados.

Nesse sentido, Silva, Oliveira e Loureiro Junior (2019) ressaltaram que existe pouco investimento em pesquisas sobre o uso de tecnologias no cultivo de amendoim, inclusive no que diz respeito ao processo de colheita mecanizada, se comparado a outras culturas. Porém, existem tecnologias que possuem potencial relevante para melhoria no processo de colheita dessa cultura, destacando-se o uso do piloto automático, mapeamento da produtividade, a telemetria e a visão computacional.

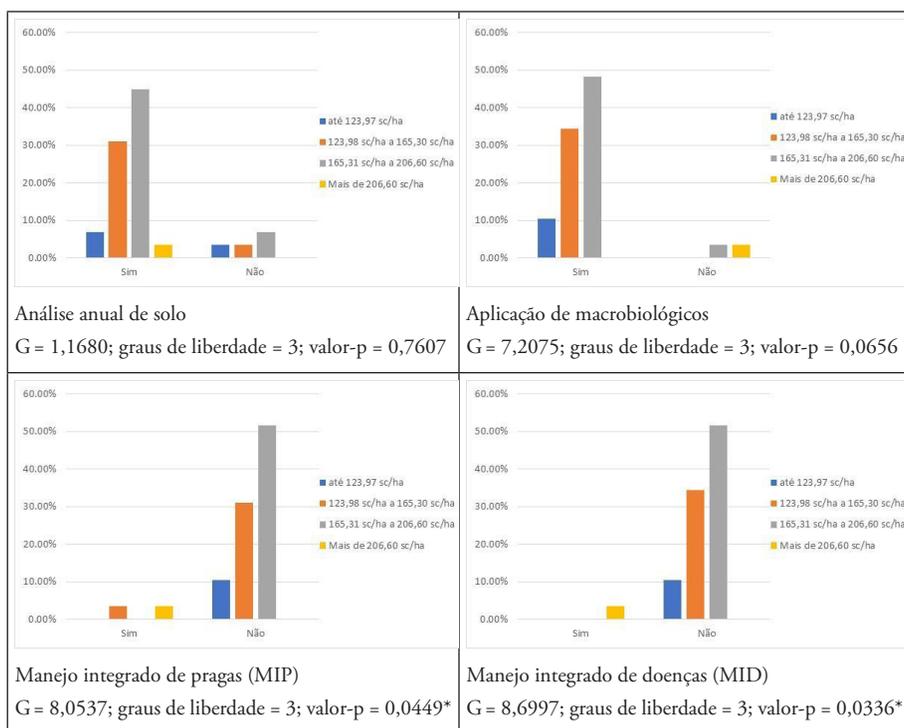
A Figura 2 mostra o segundo grupo de itens de adoção tecnológica relacionado aos insumos, os quais podem ser empregados visando a melhoria do solo e o combate às principais pragas e doenças que afetam a produção de amendoim, sendo a “mancha preta” (que aparece associada a outras doenças) e a praga da “lagarta-do-pescoço-vermelho” as mais comumente observadas na região Oeste Paulista. Já com respeito às ervas daninhas, há uma incidência maior da “anileira” e da “corda de viola” nessa região.

Verifica-se que a grande maioria dos produtores pesquisados despende cuidados com o solo, sendo que mais de 90% deles fazem análise anual de solo (Figura 2.a) e investem na aplicação de macrobiológicos (Figura 2.b), que é um procedimento de manejo de pragas e doenças que utiliza organismos vivos (inimigos naturais) para controlá-las. Já o MIP e o MID

têm uma adesão bem menos efetiva por parte dos produtores de amendoim dessa região (Figuras 2.c e 2.d).

Quanto aos valores-p dos testes G aplicados na verificação da independência entre cada um dos itens de insumos utilizados (ou não) pelos produtores rurais e a produtividade, as Figuras 2.c e 2.d apontam que dois deles estão significativamente associados à produtividade, sendo eles, o MIP e MID. De acordo com os dados, cerca de 80% de produtores não fazem MIP nem MID, mas estão concentrados nas duas faixas centrais de produtividade (entre 123,98 sc/ha e 206,60 sc/ha). No entanto, os produtores que realizam MIP e MID são os que estão na maior faixa de produtividade, ou seja, acima de 206,60 sc/ha.

Figura 2 – Insumos utilizados pelos produtores rurais versus produtividade (sc/ha)



Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados da pesquisa (2022). *Significativo a 5%, indicando que as variáveis estão associadas.

O manejo integrado de pragas e de doenças é um procedimento de controle que visa preservar os fatores de mortalidade natural, por meio do uso integrado de técnicas de combate, selecionadas com base em parâmetros econômicos, ecológicos e sociológicos. Assim, ao combater, de forma assertiva, pragas e doenças existentes na cultura, esse tipo de manejo leva a uma redução do uso de defensivos agrícolas e, conseqüentemente, dos custos de produção, colaborando para o equilíbrio do meio ambiente e para o aumento da produtividade e da rentabilidade da cultura (Norlia *et al.*, 2018).

A Figura 3 traz informações referentes aos tipos de armazenagem utilizados pelos produtores pesquisados após a colheita do amendoim. Tais cuidados são fundamentais à manutenção do produto, que exige certas especificidades quanto à secagem, acondicionamento, transporte e armazenagem, visando evitar a contaminação por Aflatoxina, metais pesados e outros patógenos (Yang *et al.*, 2020).

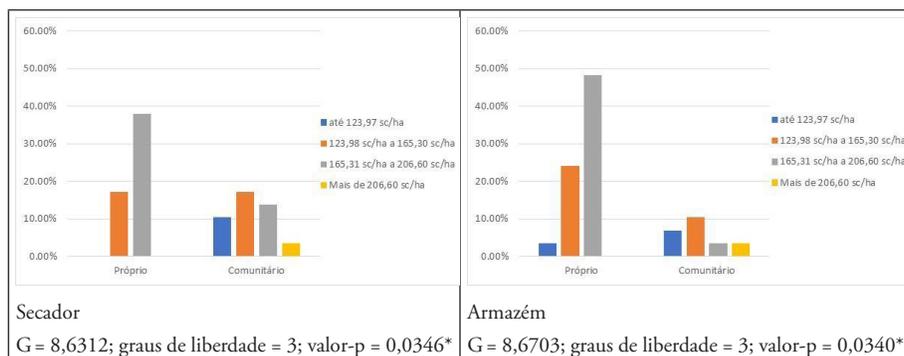
Notadamente, investimentos em tecnologia e equipamentos de secagem e armazém com controle de umidade possibilitam ao produtor maior controle dos procedimentos e menor risco de contaminação por contato com o amendoim de outras procedências, além do posicionamento estratégico com a redução de custos logísticos externos, aumento da eficiência no fluxo logístico e menor risco de deterioração do produto (Batalha, 2007; Norlia *et al.*, 2018).

De acordo com a Figura 3, todos os produtores pesquisados utilizam secador e armazém para a manutenção do amendoim, sendo que mais da metade dos produtores rurais utiliza secador próprio (Figura 3.a) e quase 75% possuem armazém próprio (Figura 3.b). Além disso, os valores-p dos testes G aplicados na verificação da independência entre cada um dos tipos de armazenagem utilizados (ou não) pelos produtores rurais e a produtividade mostram que ambos (tipo de secador e tipo de armazém) estão significativamente associados à produtividade.

Nesse sentido, observou-se que os produtores rurais que possuem secadores e armazéns próprios estão majoritariamente concentrados na faixa

de produtividade entre 165,31 sc/ha e 206,60 sc/ha, que é uma das mais elevadas. De fato, isso permite que os produtores tenham maior controle da taxa de umidade e dos riscos relacionados principalmente ao índice de Aflatoxina, refletindo no aumento da produtividade.

Figura 3 – Tipo de armazenagem utilizado pelos produtores rurais versus produtividade (sc/ha)



Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados da pesquisa (2022). *Significativo a 5%, indicando que as variáveis estão associadas.

A Figura 4 traz a estrutura de gestão da produção de amendoim empregada pelos produtores pesquisados. Observa-se que tecnologias na gestão da cultura vêm sendo utilizadas pelos produtores da região Oeste Paulista, de algumas formas, visando auxiliar no planejamento e execução do plantio, a fim de melhorar a eficiência, aumentar a produtividade e garantir a rentabilidade.

De acordo com as Figuras 4.e e 4.a, todos os produtores pesquisados têm a gestão do negócio realizada por profissional (contratam gestores e técnicos profissionais) e possuem assistência agrônômica oferecida pelas cooperativas/revendas (contam com competência técnica na assistência, orientação e cuidados nos procedimentos da produção agrícola). Além disso, cerca de 25% deles contam também com agrônomos em suas próprias equipes de colaboradores.

Por outro lado, observa-se que as tecnologias associadas a *softwares* de gestão de negócios (Figura 4.c), operadores treinados (Figura 4.d) e certificação (Figura 4.f) foram as que apresentaram menores percentuais de adesão. Os *softwares* de gestão de negócios têm como objetivo proporcionar uma gestão tecnológica com controle e informações mais acuradas que viabilizem a tomada de decisões com maior assertividade (Hermans *et al.*, 2019). Nesse sentido, é importante que o produtor rural conte com uma equipe de operadores habilitados à utilização desses *softwares* e aplicativos voltados para a gestão, de forma que essas tecnologias possam melhorar os resultados da produção (Rodrigues *et al.*, 2020). A certificação de qualidade do produto (Pró-Amendoim-ABICAB ou outras), por sua vez, possibilita ao produtor ter um ganho de competitividade por diferenciação e posicionamento estratégico (Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Amendoim e Balas - ABICAB, 2022; Nico *et al.*, 2016).

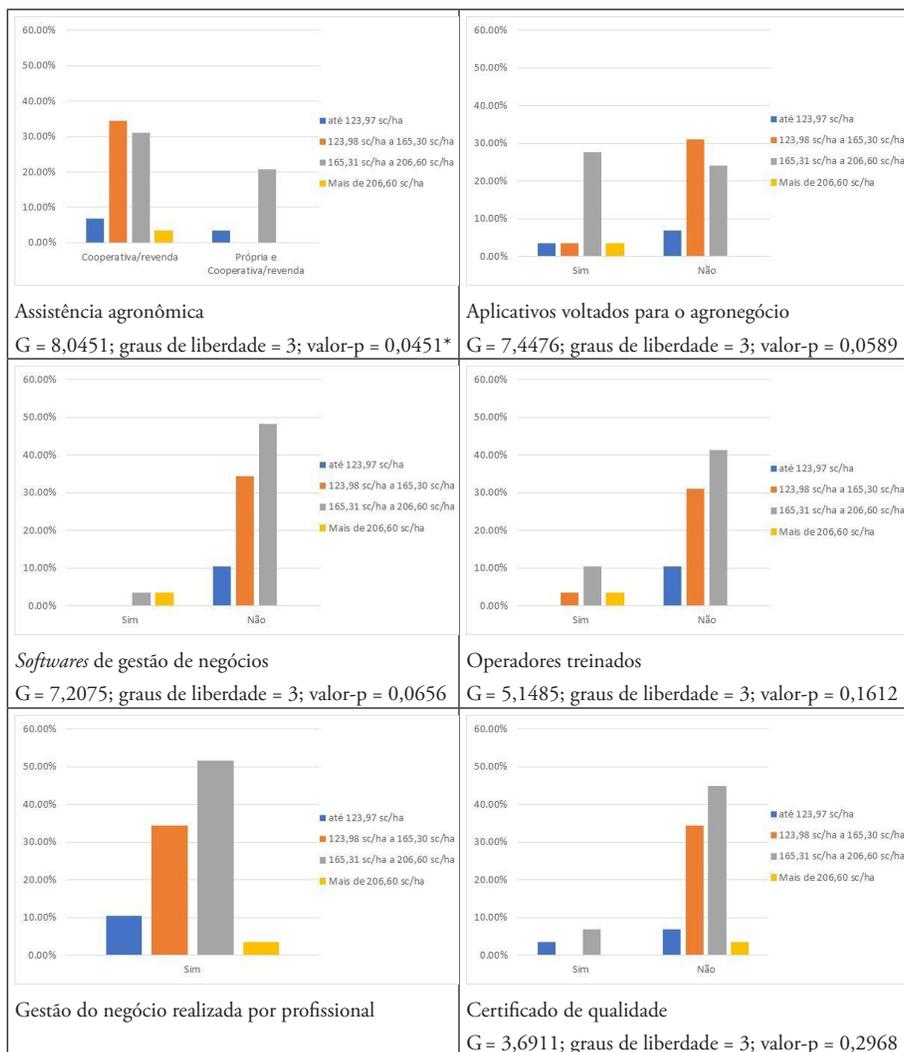
Já os aplicativos direcionados ao agronegócio são utilizados por mais de 30% dos produtores rurais pesquisados (Figura 4.b). Esses recursos tecnológicos são empregados com o propósito de obter melhores resultados, minimizando perdas, danos e/ou impactos (Silva *et al.*, 2020).

O uso de *softwares* de gestão e aplicativos na agricultura do amendoim, quando aplicados de forma integrada e bem planejada, pode oferecer diversos benefícios. Essas ferramentas ajudam os agricultores a otimizar o processo de plantio, monitorar o crescimento das plantas, gerenciar a aplicação de fertilizantes e pesticidas de forma mais eficiente, além de auxiliarem no controle de pragas e doenças. Os *softwares* e aplicativos também permitem o registro e a análise de dados sobre as condições climáticas, o manejo do solo e outros fatores relevantes para o cultivo do amendoim. Com base nessas informações, os agricultores podem tomar decisões mais embasadas e precisas, o que pode levar a uma maior produtividade e rentabilidade, com o auxílio desses instrumentos de gestão (Lima *et al.*, 2020).

Além disso, a utilização dessas tecnologias na agricultura do amendoim também contribui para a sustentabilidade e a preservação ambiental, pois permite um uso mais racional dos recursos naturais e reduz o desperdício.

cio de insumos. No geral, elas podem impulsionar o setor agrícola, tornando-o mais eficiente, competitivo e sustentável (Almeida; Buainain, 2016).

Figura 4 – Instrumentos de gestão empregados pelos produtores rurais versus produtividade (sc/ha)



Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados da pesquisa (2022). *Significativo a 5%, indicando que as variáveis estão associadas.

Quanto aos valores-p dos testes G aplicados na verificação da independência entre cada um dos instrumentos de gestão utilizados (ou não) pelos produtores rurais e a produtividade, tem-se que apenas a assistência agrônômica está significativamente associada à produtividade. Nesse sentido, observou-se que quase 70% dos produtores pesquisados que utilizam somente assistência agrônômica da cooperativa/revenda tiveram produtividade acima de 123,98 sc/ha, mostrando que esse tipo de assistência tem sido eficaz à gestão da produção do amendoim na região estudada.

Sampaio (2016) aponta que um dos desafios da produção de amendoim encontra-se na relação que essa cultura tem com a produção de cana-de-açúcar, evidenciando a importância de se realizar estudos que mostrem o desempenho e a viabilidade das tecnologias de produção presentes nas regiões Alta Mogiana e Alta Paulista, e se essas tecnologias estão realmente adaptadas às diferentes condições que demandam as áreas de renovação da cana-de-açúcar. O autor enfatiza ainda, a necessidade do melhoramento de máquinas, implementos e equipamentos voltados ao plantio e colheita nos sistemas de produção de amendoim, corroborando os resultados obtidos nesta pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa destacam a infraestrutura tecnológica baseada na Agricultura 4.0 para produção de amendoim dos produtores rurais da região Oeste Paulista e a sua relação com a produtividade da cultura.

Quanto às tecnologias em máquinas e equipamentos, observou-se que os produtores pesquisados têm direcionado seus investimentos na implementação de colhedoras, pulverizadores automotriz, GPS e corte de seções no pulverizador. No entanto, a adesão às demais tecnologias é bem menos efetiva. Nesse sentido, os testes estatísticos não apontaram uma associação significativa entre a utilização dessas tecnologias e um aumento de produtividade.

No que diz respeito aos insumos, observou-se que a grande maioria dos produtores rurais faz a análise anual de solo e a aplicação de macrobiológicos. Já os manejos integrados de pragas e doenças são pouco realizados, ainda que, estatisticamente, verificou-se uma relação significativa dessas tecnologias com a produtividade.

Para as tecnologias em termos de armazenagem, os testes estatísticos mostraram que os produtores rurais que possuem seus próprios secadores e armazéns tendem a ter um ganho significativo de produtividade, já que têm maior controle dos procedimentos e, conseqüentemente, sofrem menores riscos de contaminação e deterioração do produto.

Quanto às tecnologias voltadas para a gestão, observou-se uma adesão maior dos produtores rurais à gestão profissionalizada, assistência agrônômica e aplicativos direcionados ao agronegócio. Nesse sentido, os testes estatísticos apontaram uma associação significativa entre a assistência agrônômica e a produtividade, evidenciando que os produtores que utilizam esse tipo de assistência tendem a alcançar maior produtividade.

As evidências mostradas neste trabalho indicam a incipiência das tecnologias da Agricultura 4.0 nas lavouras de amendoim do estado de São Paulo, tendo em vista que, além de instrumentos eficazes de gestão de negócio, armazenagem e insumos agrícolas, esse paradigma prevê a ampla utilização de tecnologias digitais, incluindo sistemas de informação geográfica, GPS, monitores de rendimento, amostragem de solo de precisão, sensoriamento espectroscópico proximal e remoto, veículos aéreos não tripulados, equipamentos auto direcionados e guiados e tecnologias de taxa variável (Kovács; Husti, 2018).

A principal limitação deste trabalho se refere a amostra da pesquisa, restrita aos produtores rurais da região Oeste Paulista. No entanto, considerando a natureza exploratória da pesquisa, espera-se que este trabalho possa contribuir com a literatura ao expor um cenário preliminar a respeito da implementação de tecnologias da Agricultura 4.0 no cultivo do amendoim e seus reflexos na produtividade agrícola.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa Solovita, por intermediar o contato com os produtores rurais pesquisados e, especialmente, os produtores rurais que concordaram em participar desta pesquisa. Os autores agradecem ainda a Coordenação para Aperfeiçoamento do Ensino Superior (Capes) pelo auxílio à pesquisa (Código 001) e pela bolsa de mestrado (Capes-DS).

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CHOCOLATES, AMENDOIM E BALAS (ABICAB). *Abicab – Pró-Amendoim*. São Paulo: ABICAB, 2022. Disponível em: <http://www.abicab.org.br/paginas/amendoim/o-amendoim/>. Acesso em: 22 maio 2023.
- ALMEIDA, Patrícia José de; BUAINAIN, Antônio Márcio. Land leasing and sharecropping in Brazil: Determinants, modus operandi and future perspectives. *Land Use Policy*, Enschede, v. 52, p. 206-220, 2016.
- ANTUNES, Dalea Soares. Características da agricultura familiar. *In: ATLAS do espaço rural brasileiro*. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências, 2011. p. 113-133. E-book. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63372_cap5.pdf. Acesso em: 13 maio 2021.
- AKRAM, Fatima; HAQ, Ikram ul; RAJA, Saleha Ibadat; MIR, Azka Shahzad; QURESHI, Sumbal Sajid; AQEEL, Amna; SHAH, Fatima Iftikhar. Current trends in biodiesel production technologies and future progressions: A possible displacement of the petro-diesel. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdam, v. 370, n. 1, p. 133479, 2022.
- ARMELIN, Danilo Augusto; SILVA, Simone Cecília Pelegrini; COLUCCI, Claudio. *Sistemas de informação gerencial*. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional, 2016.
- BATALHA, Mário Otávio (org.). *Gestão agroindustrial*: GEPAL, Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindústrias. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007. v. 1.
- BRASIL. Congresso Brasileiro. *Lei no 11.326, de 24 de julho de 2006*. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Brasília, DF, 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm. Acesso em: 13 maio 2021.

BRAUN, Anja-Tatjana; COLANGELO, Eduardo; STECKEL, Thilo. Farming in the Era of Industrie 4.0. *Procedia CIRP*, Amsterdam, v. 72, p. 979-984, 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Companhia Nacional de Abastecimento. Comparativo de área, produtividade e produção. Safras 2020/21 e 2021/22. Brasília: CONAB, 2022b. Disponível em: http://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/37154_46ae502e89c1758a383a86f61ae1f933. Acesso em: 2 nov. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). *Produção de amendoim cresce mais de 100% nos últimos 8 anos*. Brasília: CONAB, 2022a. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4768-producao-de-amendoim-cresce-mais-de-100-nos-ultimos-8-anos>. Acesso em: 19 nov. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Sistema de Produção*: Embrapa Sistema de Produção de Amendoim. Brasília, 2014. (v. 7: Sistema de Produção). Disponível em: http://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao1f6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=3803&p_r_p_-996514994_topicoId=3432. Acesso em: 23 maio 2023.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). *FAOSTAT*. Roma: FAO, 2019. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#search/peanut>. Acesso em: 19 jan. 2023.

FÁVERO, Luiz Paulo; BELFIORE, Patrícia. *Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®*. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2017.

GERICO, Thais Grassi; TAVANTI, Renan Francisco Rimoldi; OLIVEIRA, Sandra Cristina; LOURENZANI, Ana Elisa Bressan Smith; LIMA, Jéssica Pacheco; RIBEIRO, Rodolfo Pires; SANTOS, Leandro Cesar Cusim; REIS, André Rodrigues. Bradyrhizobium sp. enhance ureide metabolism increasing peanuts yield. *Archives of Microbiology*, Heidelberg, v. 202, n. 1, p. 645-656, 2020.

GT AGENDA 2030. *VI Relatório Luz da Sociedade Civil da Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável Brasil*. Brasil, 2022. Relatório Luz sobre a Agenda 2030 no Brasil 2022. Disponível em: <http://gtagenda2030.org.br/relatorio-luz/relatorio-luz-2022/>. Acesso em: 6 set. 2023.

HERMANS, Frans; GEERLING-EIFF, Floor; POTTERS, Jorieke; KLERKX, Laurens. Public-private partnerships as systemic agricultural innovation policy instruments – Assessing their contribution to innovation system function dynamics. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, v. 88, n. 1, p. 76-95, 2019.

KOVÁCS, István; HUSTI, István. The Role of Digitalization in the Agricultural 4.0: how to connect the Industry 4.0 to agriculture? *Hungarian Agricultural Engineering*, Godollo, v. 33, n. 1, p. 38-42, 2018.

LIMA, Gustavo Correa; FIGUEIREDO, Fabrício Lira; BARBIERI, Armando Eduardo; SEKI, Jorge. Agro 4.0: Enabling agriculture digital transformation through IoT. *Revista Ciencia Agronomica*, Fortaleza, v. 51, n. 5, p. 1-29, 2020.

MANCINI, Adriano; FRONTONI, Emanuele; ZINGARETTI, Primo. Challenges of multi/hyper spectral images in precision agriculture applications. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 275, 1st Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (METROAGRIFOR) 1-2 October, Ancona, Italy, 2019. Disponível em: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/275/1/012001>. Acesso em: 6 set. 2023.

MARTINS, Gilberto Andrade. *Estatística Geral e Aplicada*. São Paulo: Atlas, 2005.

MARTINS, Renata; VICENTE, José Roberto. Demandas por Inovação no Amendoim Paulista. *Informações Econômicas*, v. 40, n. 2, p. 43-51, 2010.

NICO, Bravo; NICO, Lurdes Pratas; FERREIRA, Fátima; TOBIAS, Antônia. *A Certificação de Adquiridos Experienciais e suas Consequências nas Trajetórias de Vida: o caso do Alentejo, no período 2000-2005*. bookPart. [S. l.]: [s. n.], 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10174/19291>. Acesso em: 6 set. 2023.

NORLIA, Mahrör.; JINAP, Selamat; NOR-KHAIZURA, Mahmud Ab Rashid; SON, Radu; CHIN, Cheow Keat.; SARDJONO, A. Polyphasic approach to the identification and characterization of aflatoxigenic strains of *Aspergillus* section *Flavi* isolated from peanuts and peanut-based products marketed in Malaysia. *International Journal of Food Microbiology*, Amsterdam, v. 282, n. 3, p. 9-15, 2018.

RODRIGUES, Marcos Sales; CASTRIGNANÒ, Annamaria; BELMONTE, Antonella; SILVA, Kátia Araújo; LESSA, Bruno França de Trindade. Geostatistics and its potential in Agriculture 4.0. *Revista Ciencia Agronomica*, Fortaleza, v. 51, n. 5, p. 1-12, 2020.

SAMPAIO, Renata Martins. Tecnologia e Inovação: Evolução e demandas na produção paulista de amendoim. *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 46, n. 4, jul./ago. 2016.

s; FREDO, Carlos Eduardo. Características socioeconômicas e tecnologias na agricultura: um estudo da produção paulista de amendoim a partir do Levantamento das Unidades de Produção Agropecuária (LUPA) 2016/17. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v. 59, n. 4, 2021.

SHARIF, Mian Muhammad Nawas. Technological innovation governance for winning the future. *Technological Forecasting and Social Change*, New York, v. 79, n. 3, p. 595-604, 2012.

SILVA, Aleksandro; SILVA, Bruna Aires; SOUZA, Claudinei Fonseca; AZEVEDO, Benito Moreira de; VASCONCELOS, Denise Vieira; BONFIM, Guilherme Vieira do; JUAREZ, Juan Manzano; SANTOS, Adão Felipe dos; CARNEIRO, Franciele Morlin. Irrigation in the age of agriculture 4.0: management, monitoring and precision. *Revista Ciencia Agronomica*, Fortaleza, v. 51, n. 5, p. 1-17, 2020.

PEREIRA SILVA, Rouverson; OLIVEIRA, Danilo Tedesco; LOUREIRO JUNIOR, Antônio Maurício. Agricultura Digital. In: JAMMAL, Daniele Gonçalves. *Novas tecnologias da engenharia para aproveitamento do amendoim*. Jaboticabal: Associação Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Jaboticabal (AREA), 2019. p. 13-17. Disponível em: http://areajaboticabal.org.br/pdf/livro_01.pdf. Acesso em: 3 nov. 2023.

SYMEONAKI, Eleni; ARVANITIS, Konstantinos; PIROMALIS, Dimitrios. Cloud computing for IoT applications in cli-mate-smart agriculture: A review on the trends and challenges toward sustainability. In: THEODORIDIS, Alexandros, RAGKOS, Athanasios, SALAMPASIS, Michail. *Innovative Approaches and Applications for Sustainable Rural Development*. HAICTA 2017. Berlim, Switzerland: Springer, Cham, v. 1, n. 1, p. 147-167, 2020. Disponível em: http://doi.org/10.1007/978-3-030-02312-6_9. Acesso em: 13 nov. 2023.

TRADE MAP. *Trade statistics for international business development monthly, quarterly and yearly trade data*: Market Analysis and Research, International Trade Centre (ITC). Geneva, Switzerland: International Trade Centre, 2022. 2021 global trade indicators in Trade Map. Disponível em: <http://www.trademap.org/Index.aspx>. Acesso em: 23 maio 2023.

YANG, Bolei; ZHANG, Chenxi; ZHANG, Xiujuan; WANG, Gang, LI, Li; GENG, Hairong *et al.* Chengrong. Survey of aflatoxin B1 and heavy metal contamination in peanut and peanut soil in China during 2017–2018. *Food control*, Oxford, v. 118, n.1, p. 107372, 2020.