



Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital

ANAIS DO I WORKSHOP CIENTÍFICO





**Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital
Semear Digital**

ANAIS DO I WORKSHOP CIENTÍFICO

Organização:

Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá

Durval Dourado Neto

Luciana Alvim Santos Romani

Jayme Barbedo

Catarina Barbosa Careta

Luciano Mendes

**Piracicaba
Junho de 2024**

Centro de Ciência para o Desenvolvimento
em Agricultura Digital – Semear Digital

Instituição Sede

Embrapa Agricultura Digital
Av. Dr. André Tosello, nº 209 - Campus da
Unicamp, Barão Geraldo - Campinas, SP
CEP. 13083-886 - Fone: +55 (19) 3211-5700

Instituições Associadas

Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em
Telecomunicações (CPQD)
Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuária (Embrapa)
Instituto Agrônômico (IAC)
Instituto de Economia Agrícola (IEA)
Instituto Nacional de Telecomunicações
(Inatel)
Universidade de São Paulo - Escola
Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
(USP/Esalq)
Universidade Federal de Lavras (UFLA)

Diretora - Pesquisadora Responsável
Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá -
Embrapa Agricultura Digital

Vice-Diretores
Alberto Paradisi - CPQD
José Marcos Câmara Brito - Inatel

Cientista Chefe
Durval Dourado Neto - USP/Esalq

Coordenação de P&D
Jayme Barbedo - Embrapa Agricultura
Digital

Coordenação de Parcerias
Luciana Alvim Santos Romani - Embrapa
Agricultura Digital

Coordenação de Comunicação
Catarina Barbosa Careta – USP/Esalq

Organização e revisão
Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá
Durval Dourado Neto
Luciana Alvim Santos Romani
Jayme Barbedo
Catarina Barbosa Careta
Luciano Mendes

1ª edição digital (2024)

Dados de Catalogação na Publicação

DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

*Workshop Científico do Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital -
Semear Digital (1. : 2024 : Piracicaba, SP)*

*Anais... [recurso eletrônico] / Organização de Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá,
Durval Dourado Neto, Luciana Alvim Santos Romani, Jayme Barbedo, Catarina Barbosa Careta e
Luciano Mendes. - - Piracicaba : ESALQ/USP, 2024.*

82 p. : il.

Realizado: 06 a 07 de junho de 2024, Piracicaba – SP

ISBN: 978-65-87391-73-1

1. Agricultura Digital 2. Distritos agrotecnológicos 3. Inclusão digital 4. Tecnologias emergentes I. Massruhá, S.M.F.S., org. II. Dourado Neto, D., org. III. Romani, L.A.S, org. IV. Barbedo, J., org. V. Careta, C. B., org. VI. Mendes, L., org. VII. Título

CDD 630

Elaborada por Maria Cristina Moura Rocha de Andrade - CRB-8/3576

Sumário

Sobre o Centro Semear Digital.....	7
Sobre o I Workshop Científico.....	9
Resumos.....	11
Análise da dinâmica da produção agrícola familiar por meio de técnicas de geoprocessamento no município de Breves (PA)....	11
Análise de desempenho da YOLO para detecção em tempo real de insetos-praga na soja.....	13
Antenas para 5G.....	14
A Survey on Broadband IoT-based Connectivity for Digital Agriculture in Rural and Remote Areas: Coverage, Throughput, and Emerging Technologies.....	15
Avaliação da semeadura com drones para pastagens, espécies florestais e plantas de cobertura do solo em produções agrícolas familiares.....	16
Avaliação do curso on-line Reniva na perspectiva dos participantes.....	18
Barreiras e fatores de adoção da Agricultura Digital: resultados de uma análise bibliométrica.....	19
Comunicações Óptico/Wireless.....	20
Detecção em tempo real de plantas daninhas por espécie na soja usando imagens de VANT.....	22
Diagnóstico Agroambiental dos Distritos Agrotecnológicos (DATs) do projeto Semear Digital.....	23
Diagnóstico da fertilidade do solo de uma gleba de produção de café em Caconde (SP).....	25
Diagnóstico da maturidade do DAT Ingaí.....	27
Diagnósticos socioterritoriais dos Distritos Agrotecnológicos (DATs).....	29
Digitalização de dados na produção de café arábica em Caconde (SP) para certificação e apoio à obtenção de Indicação Geográfica.....	30
Dinâmica dos Usos Agrícolas de Guia Lopes da Laguna - MS.....	32
Estimativa de biomassa de pastagens cultivadas do Triângulo Mineiro a partir de imagens multiespectrais de VANT.....	34
Estimativa de florescimento e penalização da produtividade de café em diferentes cenários no DAT de Caconde-SP.....	36
Estimativa de produtividade primária líquida e classificação climática dos DATs SemeAr Digital.....	38
Estratégia de gestão de dados do Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital.....	40
GANs para fusão de dados óptico-radar: remoção de nuvens em imagens de sensoriamento remoto.....	42
Gerenciamento das Barreiras no Desenvolvimento da Agricultura 4.0 na Cadeia de Produção Agrícola da Região Sul do Brasil.....	43
Índice de desenvolvimento rural sustentável nos Distritos Agrotecnológicos do Estado de São Paulo.....	45
Índices de sustentabilidade agroambiental baseados em geotecnologias aplicados a pequenas e médias propriedades rurais.....	46
Integração de imagens de satélites óticos e SAR para monitoramento do uso e cobertura da terra.....	48
Investigação dos possíveis contribuintes da poluição da Represa Graminha – Caconde -SP.....	50
Perfil sócio-econômico de produtores de café de Caconde-SP: uma análise exploratória.....	51
Pilares e características da Agricultura Digital: explorando as perspectivas dos integrantes do Centro Semear Digital.....	52
Potencialidades da produção de tilápia em tanque-rede na Represa da Graminha – Caconde -SP e desafios ambientais.....	53
Produção de água e fluxo de sedimentos em função das mudanças no uso e cobertura da terra.....	54
Proposição de Estratégias para Superar as Barreiras que Dificultam a Implementação das Tecnologias da Agricultura 4.0: um estudo de caso nos Distritos Agro-Tecnológicos (DATs).....	56
Sensores proximais para avaliação da irrigação do feijoeiro.....	57
Sensoriamento Espectral como Solução de TVWS.....	58
Real-time MIMO-GFDM Transceiver for Future 6G Applications.....	59
Caracterização dos DATs.....	60

Alto Alegre/SP.....	61
Boa Vista do Tupim/BA.....	63
Breves/PA.....	65
Caconde/SP.....	67
Guia Lopes da Laguna/MS.....	69
Ingai/MG.....	71
Jacupiranga/SP.....	73
Lagoinha/SP.....	75
São Miguel Arcanjo/SP.....	77
Vacaria/RS.....	80

Sobre o Centro Semear Digital

O Semear Digital é um Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), cuja missão é atuar em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) em tecnologias emergentes visando, principalmente, à inclusão digital de pequenos e médios produtores rurais, de modo a ter ganhos de produtividade e competitividade, maior impacto econômico em termos de aumento de escala, redução de custos e melhoria na eficiência da produção agrícola nos diversos elos das cadeias produtivas, de maneira sustentável, tanto do ponto de vista econômico, quanto ambiental e social. Para atingir sua missão, o Centro propõe soluções adaptadas às diversas realidades rurais no País considerando a diversidade regional produtiva e de recursos naturais, a fim de diminuir os custos de transação entre os múltiplos atores das cadeias produtivas, melhorar os impactos socioeconômicos nos curto e médio prazos, promover a capacitação, aumentar a adoção de ativos tecnológicos digitais pelos produtores e fomentar novos investimentos para que a digitalização de pequenos e médios produtores ganhe escalabilidade.

O Semear Digital é resultado de um consórcio entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPQD), o Instituto Agrônomo (IAC), o Instituto de Economia Agrícola (IEA), o Instituto Nacional de Telecomunicações (Inatel), a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (Esalq/USP) e a Universidade Federal de Lavras (UFLA). Estas instituições trabalham de forma colaborativa e integrada em diferentes linhas de pesquisa. As atividades são executadas por meio de ações de PD&I inter-relacionadas, identificadas a partir de demandas no âmbito dos Distritos Agrotecnológicos (DATs), realizadas pelas instituições do consórcio e parceiros com interesses comuns.

As atividades de pesquisa vêm sendo conduzidas de forma colaborativa pelas instituições participantes por meio de seis eixos temáticos. O Eixo 1 é dedicado aos "Distritos Agrotecnológicos e Avaliação de Impactos Socioeconômicos", sob a coordenação do IEA, contando também com a participação da Esalq/USP, da UFLA e da Embrapa Agricultura Digital. O Eixo 2, dedicado à "Conectividade e Dispositivos", tem a liderança do Inatel e do CPQD. O Eixo 3, dedicado à "Inteligência Artificial e Sensoriamento Remoto", é conduzido pela Embrapa Agricultura Digital em parceria com a Embrapa Meio Ambiente, a Embrapa Pecuária Sudeste e o IAC. O Eixo 4, dedicado à "Automação e Agricultura de Precisão", vem sendo desenvolvido pela Embrapa Agricultura Digital, Embrapa Instrumentação e Esalq/USP. O Eixo 5, dedicado à "Rastreabilidade e Certificação Digital", é desenvolvido em parceria pela Embrapa Agricultura Digital, UFLA e CPQD. Por fim, o Eixo 6 dedica-se à comunicação e ao estabelecimento de parcerias sob liderança da Embrapa Agricultura Digital e Esalq/USP.

As atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação, multidisciplinares e multi-institucionais vêm sendo aplicadas em ambientes de produção (fazendas, sítios etc.) nos dez DATs selecionados: Alto Alegre (SP), Boa Vista do Tupim (BA), Breves (PA), Caconde (SP), Guia Lopes da Laguna (MS), Ingaí (MG), Jacupiranga (SP), Lagoinha (SP), São Miguel Arcanjo (SP) e Vacaria (RS).

O Centro Semear Digital tem desenvolvido pesquisas com foco em soluções digitais inclusivas para pequenos e médios produtores que mitiguem imperfeições de mercado e promovam a sustentabilidade. Para estes produtores, a falta de recursos e capacitação, a distância e a desconexão limitam o alcance de iniciativas de sustentabilidade não-digitais, incluindo programas de responsabilidade social corporativa, certificação, rastreabilidade e serviços de extensão que se baseiam em métodos onerosos de amostragem e documentação. Tecnologias digitais se mostram como alternativa para a superação de tais limitações, permitindo a aquisição de dados sobre a interação entre produtores e sobre o uso de recursos naturais, tornando essas informações acessíveis na cadeia de produção e consumo. Além de mitigar assimetrias de mercado e adequar agendas de governança, tecnologias digitais inclusivas têm o potencial de promover ganhos em escala, qualidade e eficiência de produção, ampliando a competitividade de produtos e serviços agropecuários de pequenos e médios produtores.

Após 18 meses de funcionamento, foi possível identificar muitos dos desafios e das estratégias a serem adotadas ao longo dos cinco anos do projeto. Além disso, importantes avanços já foram alcançados e articulações com diferentes parceiros vêm sendo conduzidas a fim de alcançar os objetivos almejados quando o projeto foi proposto. Todo este trabalho realizado nesse período culminou com a realização deste workshop, o qual possibilitou uma rica troca de experiências entre a gestão do projeto, pesquisadores, estudantes e pontos focais e de apoio dos DATs. Estes anais registram parte do que foi produzido ao longo dos primeiros 18 meses do projeto, bem como dos resultados obtidos a partir das apresentações e discussões realizadas durante o evento. Esperamos que ele seja útil não somente para os membros do projeto, mas também para proponentes e participantes de projetos com objetivos ambiciosos como aqueles vislumbrados para o Semear Digital.

Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá

Diretora/Pesquisadora Responsável
Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital (CCD-AD/Semear
Digital)



Sobre o I Workshop Científico

Nos dias 6 e 7 de junho de 2024, a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo (Esalq/USP) sediou o I Workshop Científico - Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital (CCD-AD/Semear Digital), no Anfiteatro Esalq-Log do Departamento de Economia, Administração e Sociologia.

Durante os dois dias de programação, CCD-AD/Semear Digital, liderado pela Embrapa Agricultura Digital, foram apresentados trabalhos que estão sendo desenvolvidos nos dez Distritos Agrotecnológicos. Foram realizadas apresentações sobre o tema agricultura digital, com seminários e discussões, incluindo debates e encaminhamentos.

No primeiro dia de atividades, foram apresentados trinta e três resumos (apresentação oral e painel) divididos em quatro blocos, coordenados por Catarina Barbosa Careta, Luciana Alvim Santos Romani, Édson Luis Bolfe e Jayme Garcia Arnal Barbedo. Os trabalhos são relacionados ao projeto nas áreas de agricultura digital, diagnósticos socioterritoriais e agroambientais, estratégias de gestão, desenvolvimento rural sustentável, fertilidade do solo, tecnologias, sensoriamento espectral, imagens de satélite óticos e SAR, avaliação com drones, entre outros.

No segundo dia de atividades, os participantes também tiveram a oportunidade de participar do Seminário: “Missão da Fapesp e sua expectativa em relação aos Centros de Ciência para o Desenvolvimento”, ministrado pelo Prof. Dr. Márcio de Castro Silva Filho, Diretor Científico da Fapesp. Durante sua apresentação, Dr Márcio mencionou os dados de projetos submetidos, contratados e vigentes, bem com a visão da Fapesp e os Programas de Inovação. Além disso, destacou o compromisso da Fapesp com a sustentabilidade nas áreas de mudanças climáticas, agricultura sustentável e transição energética, e suas parcerias para a Agenda 2030.

Ainda no segundo dia, foram apresentadas a situação atual e perspectivas dos dez Distritos Agrotecnológicos, e atividades em cinco grupos de trabalho: 1) Agricultura (café, mandioca e grãos); 2) Fruticultura; 3) Pecuária; 4) Gestão da propriedade; e 5) Conectividade e energia.

As discussões nos grupos de trabalho foram um importante momento de debates e análise das possibilidades de atuação e encaminhamentos dos trabalhos em andamento. Buscamos caracterizar (conhecer) a demanda e oferta (realidade) de conectividade no campo, no intuito de subsidiar Políticas Públicas para melhorar a conectividade rural com o objetivo de melhoria da qualidade de vida das pessoas (além de disponibilizar tecnologia que gera riqueza, a conectividade rural possibilita melhorar a gestão do negócio, preservar o ambiente, melhorar a educação e criar empregos no campo). As perspectivas da agricultura digital proporcionam a inclusão digital com impactos benéficos sustentáveis muito significativos nas esferas econômica, social e ambiental.

Com o avanço das pesquisas, é possível identificar as lacunas e contribuir para alternativas de aumento de produtividade, com menor impacto ambiental, maior geração de emprego, e melhoria da educação e renda e, conseqüentemente, da qualidade de vida.

Durval Dourado Neto
Cientista Chefe
Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital (CCD-AD/Semeiar Digital)



Resumos

Análise da dinâmica da produção agrícola familiar por meio de técnicas de geoprocessamento no município de Breves (PA)

Victória Leandro^{*}, Gustavo Bayma^{**}, Édson Bolfe^{***}, Taya Parreiras^{****}, Victória Matusevicius^{*****}

^{*} victoria.leandro@colaborador.embrapa.br
0009-0006-6176-2545

Pontifícia Universidade Católica de Campinas - PUCC, Faculdade de Geografia, Campinas-SP, Brasil.

^{**} gustavo.bayma@embrapa.br
0000-0001-5312-6609
Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, Brasil.

^{***} edson.bolfe@embrapa.br
0000-0001-7777-2445
Embrapa Agricultura Digital, Campinas-SP, Brasil.

^{****} taya.parreiras@colaborador.embrapa.br
0000-0003-2621-7745
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Campinas-SP, Brasil

^{*****} victoria.castro@colaborador.embrapa.br
0009-0009-6801-201X
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas-SP, Brasil.

Resumo

A agricultura familiar está presente em todas as regiões brasileiras e desempenha um papel fundamental na segurança alimentar da população. Porém, as mais avançadas tecnologias digitais tendem a serem adotadas principalmente no apoio ao planejamento e monitoramento da produção agrícola de larga escala. Nesse sentido, o projeto "Semear Digital" almeja levar inclusão digital aos pequenos e médios agricultores rurais, por meio da criação de Distritos Agrotecnológicos (DATs) e a implementação de ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação. Assim, o objetivo deste trabalho foi mapear áreas de agricultura familiar por meio de técnicas de sensoriamento remoto orbital em Breves (PA). Para tal, foram selecionadas três áreas pilotos devido ao conhecimento prévio da região. Foram utilizadas imagens do satélite Sentinel-2 (10 m de resolução espacial), que passaram por processo de classificação de uso e cobertura das terras por

interpretação visual nos anos 2019 e 2023. A análise preliminar não indicou significativa conversão do uso e cobertura da terra no período analisado. Observou-se que as áreas de floresta primária cobrem aproximadamente 80% das áreas analisadas, a vegetação secundária cerca de 15%, corpos d'água com 3,5% e agricultura em torno de 1%. A interpretação visual permitiu identificar a migração das áreas de agricultura familiar para áreas previamente antropizadas. Dados mais atualizados e detalhados que os publicamente disponíveis, são essenciais para o apoio nos processos decisórios no setor agrícola e em políticas públicas em âmbito local nas regiões produtivas envolvendo a agricultura familiar, como em Breves (PA).

Palavras-chave: Amazônia. Agropecuária. Mapeamento. Multitemporal. Sentinel-2.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 2022/09319-9.

Análise de desempenho da YOLO para detecção em tempo real de insetos-praga na soja

Everton Castelão Tetila*, Franco da Silveira** e Jayme Garcia Arnal Barbedo***

* evertontetila@ufgd.edu.br

<https://orcid.org/0000-0001-5396-766X>

FACET, Universidade Federal da Grande Dourados

** franco.da.silveira@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9441-0144>

Embrapa Agricultura Digital, EMBRAPA

*** jayme.barbedo@embrapa.br

<https://orcid.org/0000-0002-1156-8270>

Embrapa Agricultura Digital, EMBRAPA

Resumo

Neste trabalho avaliamos a arquitetura *You Only Look Once* (YOLO) para detecção em tempo real de insetos-praga na soja. Semeamos soja não geneticamente modificada em uma área experimental de 2 (dois) hectares especificamente para a realização deste experimento. Não aplicamos agrotóxicos na lavoura para preservar a manifestação dos insetos. Os insetos foram capturados por uma câmera digital a 50 cm de distância com o pesquisador caminhando na lavoura em dias e condições climáticas diferentes, entre os estádios fenológicos R1 e R6, que apresentam alta ocorrência de insetos-praga na soja. Em seguida, anotamos 2.758 insetos de 12 (doze) espécies diferentes com o apoio de um entomologista criando, dessa forma, um conjunto de dados chamado INSECT12C-Dataset para treinamento e teste da rede neural. As imagens foram coletadas em condições reais de campo, que fornecem variações indesejadas de iluminação, poses, oclusão, sobreposição, fundo complexo e fases de desenvolvimento. Essas variações dificultam o reconhecimento do inseto-alvo, agregando maior valor prático ao método de detecção de insetos-pragas na soja. Nós empregamos uma validação cruzada de 5 dobras estratificada com quatro métricas para avaliar o desempenho da classificação e três métricas para avaliar o desempenho da detecção. Os resultados experimentais mostraram que a arquitetura YOLOv3 treinada com um tamanho de lote 32 leva a maiores taxas de classificação e detecção em comparação com tamanhos de lote 4 e 16. Os resultados indicam que a arquitetura avaliada pode apoiar especialistas e agricultores no monitoramento da necessidade de ações de controle de insetos-pragas em campos de soja.

Palavras-chave: Aprendizado profundo. Detecção de objetos. Agricultura de precisão. Insetos-praga da soja.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob os números de processo 23/03870-8 e 23/12215-3.

Antenas para 5G

Sofia Balerini Vasconcellos^{*}, Letícia Carneiro de Souza e Arismar Cerqueira Sodré Junior^{***}

^{*}sofia.b@get.inatel.br
ORCID - 0009-0005-3863-0491
Lab. WOCA, Inatel

^{**}leticia Carneiro@get.inatel.br
ORCID - 0000-0001-8833-0650
Lab. WOCA, Inatel

^{***}arismar@inatel.br
ORCID - 0000-0002-5659-4165
Lab. WOCA, Inatel

Resumo

No âmbito da pesquisa em antenas no Laboratório WOCA do INATEL, destaca-se o projeto, simulação, fabricação e caracterização de antenas baseadas em ressonadores dielétricos (DRA – *Dielectric Resonator Antenna*). Essas antenas operam com base em princípios de ressonância e são influenciadas pela permissividade dos materiais utilizados, sendo que aquelas fabricadas com materiais de alta permissividade apresentam dimensões reduzidas. Devido à sua baixa tangente de perda, as DRAs demonstram uma notável eficiência, especialmente em aplicações em frequências de ondas milimétricas. Especificamente, as DRAs retangulares (RDRAs) oferecem benefícios práticos comparadas a outros projetos, como os cilíndricos e hemisféricos, por serem mais simples de fabricar e permitirem o ajuste de três dimensões: largura, comprimento e altura. Uma RDRA para a faixa de frequência FR1 do 5G NR foi projetada, fabricada e caracterizada no Laboratório WOCA do INATEL. Obteve-se uma largura de banda de 9,19% e coeficiente de reflexão de -43 dB na frequência de 3,59 GHz. Também foi demonstrado um ganho de 4,72 dBi e um nível de polarização cruzada de 15 dB. Além disso, projetou-se um design de RDRA de banda dupla operando nas faixas de frequência FR1 e FR2-1 do 5G NR. A RDRA simulada alcançou larguras de banda de 7,7% em 3,5 GHz e 17,8% em 28 GHz, com ganhos máximos de 4,6 dBi e 7,6 dBi, respectivamente. Os resultados demonstraram a aplicabilidade de nossa solução para redes 5G, especialmente na miniaturização do volume da antena. Trabalhos futuros envolverão a fabricação e caracterização do protótipo da RDRA de banda dupla.

Palavras-chave: 5G. Antenas. DRA

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 2022/09319-9.

A Survey on Broadband IoT-based Connectivity for Digital Agriculture in Rural and Remote Areas: Coverage, Throughput, and Emerging Technologies

Emmanuel U. Ogbodo* and Luciano L. Mendes**

* emmanuel.ogbodo@posdoc.inatel.br

<https://orcid.org/0000-0001-5934-421X>

Radiocommunications Reference Center (CRR), INATEL

** lucianol@inatel.br

<https://orcid.org/0000-0002-1996-7292>

Radiocommunications Reference Center (CRR), INATEL

Abstract

Digital agriculture (DA) holds the promise of revolutionizing farming practices. The rural and remote areas where agriculture is predominantly practiced may not benefit maximally due to poor network coverage and inadequate traditional connectivity solutions. This work aims to explore and provide a comprehensive survey of the current state, challenges, and opportunities of leveraging the potential of IoT and broadband-based connectivity for digital agriculture, focusing on the unique challenges and prospects present in these regions. In addition, various emerging technologies shaping the future of smart agriculture and their ability to improve coverage, reliability, and efficiency in agricultural practices are investigated. Key communication methods and emerging technologies are discussed, which are crucial for overcoming geographical and infrastructural problems. The research highlights case studies that exhibit the successful use of these technologies in enhancing crop monitoring, pest control, irrigation control, and resource management. Furthermore, the survey studies the essential elements of technology adoption, such as economic implications/policy frameworks, and the roles of governments/private sectors in driving digital transformation in agriculture. While notable progress has been accomplished, significant efforts are still necessary to promote widespread adoption and fully leverage the benefits of broadband-IoT in DA. The methodology employed in this work includes an analysis of existing literature, case studies, and technological developments. The outcome of this research will enable stakeholders to make informed decisions and strategies to promote sustainable agricultural development in underserved areas.

Keywords: Digital agriculture, Broadband IoT, Rural areas, Remote areas, Sustainability.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 23/15030-4.

Avaliação da sementeira com drones para pastagens, espécies florestais e plantas de cobertura do solo em produções agrícolas familiares

Everton Castelão Tetila*, Franco da Silveira** e Jayme Garcia Arnal Barbedo***

* evertontetila@ufgd.edu.br

<https://orcid.org/0000-0001-5396-766X>

FACET, Universidade Federal da Grande Dourados

** franco.da.silveira@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9441-0144>

Embrapa Agricultura Digital, EMBRAPA

*** jayme.barbedo@embrapa.br

<https://orcid.org/0000-0002-1156-8270>

Embrapa Agricultura Digital, EMBRAPA

Resumo

A aquisição de máquinas agrícolas para a Agricultura Familiar tem se mostrado um grande desafio enfrentado pelo pequeno produtor. Por conta disso, neste trabalho planejamos avaliar a sementeira a lanço com drones para pastagens, espécies florestais nativas e plantas de cobertura do solo em produções agrícolas familiares. Uma área agrícola de 8 (oito) hectares será subdividida em grade amostral de quatro quadrantes, sendo 2 (dois) hectares cada quadrante. Com o drone DJI Agras T30, serão semeadas a lanço 100.000 sementes com a seguinte distribuição: 1º quadrante – capim-braquiária, 2º quadrante – espécies florestais, 3º quadrante – milho e 4º quadrante – trigo. Após 15 dias de sementeira, será realizado o monitoramento aéreo da área de estudo. Para isso, usaremos o drone de monitoramento – modelo DJI Phantom 4 Advanced – a 10 metros de altura da plantação, a fim de criar os mapas de produtividade nas imagens RGB obtidas com o levantamento aéreo. Utilizando o software QGIS, avaliaremos a taxa média de emergência de cada cultura (contagem de plantas) e relataremos os resultados obtidos para quatro métricas de avaliação: acurácia, precisão, revocação e medida-F. Espera-se que a adoção de novas tecnologias agrícolas e sistemas inteligentes de automação se torne mais comum, eficiente e sustentável do que os sistemas atuais usados para a produção de alimentos. Paralelamente, essas novas tecnologias também podem contribuir com o desenvolvimento social, gerando novas vagas de trabalhos de mão de obra especializada – empresas de consultoria ou prestadores de serviços na área de sementeira com drones, pulverização com drones e geração de mapas.

Palavras-chave: Sementeira a lanço com drones. Taxa média de emergência. Agricultura familiar. Assentamento Itamarati I.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob os números de processo 23/03870-8 e 23/12215-3.

Avaliação do curso on-line Reniva na perspectiva dos participantes

Ildos Parizotto^{*}, Sueline Souza^{**}, Helton Fleck da Silveira^{***} Alexandre A. Almassy Junior^{****}

**ildos.parizotto@embrapa.br*

ORCID: 0009-0006-5852-5661

Setor de Transferência de Tecnologia - Embrapa Mandioca e Fruticultura

***sueline.souza@colaborador.embrapa.br*

ORCID: 0000-0002-8103-4426

Embrapa Mandioca e Fruticultura

****helton.fleck@embrapa.br*

ORCID: 0009-0003-3107-9807

Setor de Transferência de Tecnologia – Embrapa Mandioca e Fruticultura

*****almassy@ufrb.edu.br*

ORCID: 0000-0001-7024-2521

CCAAB, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Resumo

O trabalho buscou avaliar a percepção dos egressos do curso on-line “Introdução às estratégias de produção de materiais de plantio de mandioca – Reniva”, tendo sido elaborado a partir de análise documental, com fonte primária, dos dados da plataforma de capacitações *on-line* da Embrapa (e-Campo). Para a análise, foi estabelecida uma amostra de caráter não probabilístico, considerando somente os participantes residentes no Brasil (1.312). O período determinado para a coleta dos dados foi de 08 de fevereiro a 20 de setembro de 2022. A análise das respostas das avaliações evidenciou que o curso atendeu de forma satisfatória às expectativas dos respondentes, tendo sido avaliado positivamente por 99% deles. Quando questionados sobre a satisfação com o curso de forma global atribuindo nota numa escala de 0 a 10, 69% atribuíram nota 10, 21% nota 9, 7% nota 8 e 2% nota 7. As avaliações positivas para o curso foram encontradas ainda em outros tópicos questionados, essenciais para a avaliação da percepção dos participantes. Entre eles destacam-se: a) alcance das expectativas considerando as informações apresentadas (96%); b) conteúdos relevantes ao aprendizado (95%); c) facilidade na compreensão da linguagem utilizada (96%); d) relevância dos exemplos utilizados para a realidade de trabalho (92%); e) enriquecimento da aprendizagem pelas atividades propostas (96%); f) contribuição dos conhecimentos obtidos para o desenvolvimento individual no trabalho (94%); e, g) sensação de capacidade de compartilhar o conhecimento obtido no curso (93%).

Palavras-chave: Reniva. Curso on-line. Mandioca.

Barreiras e fatores de adoção da Agricultura Digital: resultados de uma análise bibliométrica

Thais Dibbern*, Luciana Alvim Santos Romani** e Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá**

**thais.dibbern@colaborador.embrapa.br*

ORCID 0000-0003-4826-4614

Embrapa Agricultura Digital

***luciana.romani@embrapa.br*

ORCID 0000-0002-7386-3515

Embrapa Agricultura Digital

***silvia.massruha@embrapa.br*

ORCID 0000-0002-8055-0680

Embrapa

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar parte dos resultados da pesquisa intitulada “Proposição de metodologia para geração de indicadores de inovação em agricultura digital”, vinculada ao Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital - CCD-AD/Semear Digital. Nesse sentido, este trabalho apresenta os principais fatores e barreiras à adoção da Agricultura Digital, tendo em vista a condução de uma análise bibliométrica e de estudos de caso que versam sobre o tema. Os resultados mostram que a condição econômica, a disponibilidade de infraestrutura tecnológica; o conhecimento técnico/digital; a idade/geração do produtor; o tipo de organização pela qual as propriedades integram; o nível de confiabilidade na tecnologia; e as preocupações com segurança e privacidade, são elementos importantes para a adoção de tecnologias de Agricultura Digital. O estudo indica a existência de uma lacuna na literatura com relação a indicadores capazes de medir a adoção da Agricultura Digital e, ao mesmo tempo, fornecer uma perspectiva desprovida de viés dos produtores. Além disso, ao considerar os insights fornecidos pela identificação e análise desses fatores e barreiras, é possível utilizá-los no processo de formulação de políticas públicas, sendo estas orientadas à transformação digital na agricultura.

Palavras-chave: Agricultura Digital. Fatores de adoção. Barreiras. Análise bibliométrica.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 23/08686-0.

Comunicações Óptico/Wireless

Tomás Powell Villena Andrade^{*}, Felipe Batista Faro Pinto^{**}, Luiz Augusto Melo Pereira^{***} e Arismar Cerqueira Sodré Junior^{****}

**tomasvillena@dtel.inatel.br*

0000-0001-5409-9104

Lab. WOCA, Inatel

***felipe.pinto@dtel.inatel.br*

0000-0002-5772-2552

Lab. WOCA, Inatel

****luiz.melo@inatel.br*

0000-0001-5731-5351

Lab. WOCA, Inatel

***arismar@inatel.br*

ORCID - 0000-0002-5659-4165

Lab. WOCA, Inatel

Resumo

No Inatel, foram realizados experimentos empregando comunicações óptico/wireless (OWC – *optical wireless communications*), incluindo sistemas ópticos de espaço livre (FSO - *free space optics*) e comunicações por luz visível (VLC – *visible light communications*), além da utilização da tecnologia rádio sobre fibra analógico (A-RoF – *Analog-radio over fiber*), visando aplicações em sistemas de comunicações móveis 5G e futuras redes 6G. Em 2023, reportou-se a implementação de um sistema híbrido que emprega A-RoF e VLC com o objetivo de demonstrar seu potencial e aplicabilidade em redes 5G/6G. Experimentos preliminares viabilizaram atingir uma vazão de 60 Mbit/s sem nenhum tipo de linearização. Neste trabalho, foram propostos e utilizados, pela primeira vez na literatura, cubos dicróicos (DCF – *dichroic cube filter*) para multiplexar e demultiplexar feixes ópticos. Neste mesmo ano, também se implementou um sistema FiWi híbrido que usa FSO, VLC e ondas milimétricas (mm-waves) para aplicações 6G. Um link FSO/wireless foi projetado para transmitir um sinal 5G-NR em 39 GHz, atingindo uma vazão de 4,8 Gbit/s. Paralelamente uma estrutura FSO/VLC foi empregue para transmitir um sinal QAM em 550 MHz, atingindo 120 Mbit/s. Recentemente, publicou-se uma proposta de um sistema híbrido *full-duplex* baseado na utilização de DCFs, A-RoF e VLC baseado em lasers. Transmissões *downlink* e *uplink* usando o padrão 5G-NR atingiram 600 e 420 Mbit/s, respectivamente. Com emprego de sinais vetoriais não padronizados, foi possível expandir a largura de banda, resultando em vazão de 1,32 Gbit/s e 640 Mbit/s para transmissões *downlink* e *uplink*, respectivamente.

Palavras-chave: FSO. OWC. RoF. VLC.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 2022/09319-9.

Detecção em tempo real de plantas daninhas por espécie na soja usando imagens de VANT

Everton Castelão Tetila^{*}, Franco da Silveira^{**} e Jayme Garcia Arnal Barbedo^{***}

[* evertontetila@ufgd.edu.br](mailto:evertontetila@ufgd.edu.br)

<https://orcid.org/0000-0001-5396-766X>

FACET, Universidade Federal da Grande Dourados

[** franco.da.silveira@hotmail.com](mailto:franco.da.silveira@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-9441-0144>

Embrapa Agricultura Digital, EMBRAPA

[*** jayme.barbedo@embrapa.br](mailto:jayme.barbedo@embrapa.br)

<https://orcid.org/0000-0002-1156-8270>

Embrapa Agricultura Digital, EMBRAPA

Resumo

Neste trabalho, avaliamos uma família de modelos de detecção de objetos YOLOv5s6/m6/16/x6 para detecção de plantas daninhas na soja. Com base nos resultados gerados pela detecção, os insumos agrícolas podem ser aplicados com precisão nas regiões identificadas com plantas daninhas, diminuindo os custos de produção ao reduzir o número médio de pulverização, além de contribuir para o equilíbrio ecológico e a preservação ambiental. Utilizamos o VANT para sobrevoar três áreas agrícolas a 10 metros de altura da plantação. Assim, criamos um novo conjunto de dados de 4.129 plantas anotadas, que pode servir de base para a detecção de plantas daninhas nas culturas de soja. Para o treinamento e teste da rede neural, foram consideradas quatro métricas para avaliar os resultados da classificação: acurácia, precisão, revocação e medida-F; e três métricas para avaliar os resultados da detecção: erro médio absoluto (MAE), raiz do erro quadrático médio (RMSE) e coeficiente de determinação (R^2). Os resultados experimentais mostraram baixas taxas médias de erro em quase todos os cenários de teste. YOLOv5s6 produziu os melhores resultados entre os modelos avaliados, obtendo taxas de MAE, RMSE e R^2 de 1,14, 1,67 e 0,93, respectivamente, tendo potencial para melhorar o monitoramento e o manejo de plantas daninhas. Também demonstramos como os resultados gerados pela detecção podem ser implantados em um sistema ponta a ponta por meio de mapas de aplicação de pesticidas.

Palavras-chave: Aprendizagem profunda. Detecção de objetos. Agricultura de precisão. Plantas daninhas da soja.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob os números de processo 23/03870-8 e 23/12215-3.

Diagnóstico Agroambiental dos Distritos Agrotecnológicos (DATs) do projeto Semear Digital

Gustavo Bayma*, Édson Bolfe**, Edson Sano***, Glauber Gava****, Jener Moraes*****, Isabella Maria*****, Jane Silveira*****, Claudinei Santos*****, Victória Leandro*****, Victória Matusevicius*****

*gustavo.bayma@embrapa.br
0000-0001-5312-6609

Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, Brasil

**edson.bolfe@embrapa.br
0000-0001-7777-2445

Embrapa Agricultura Digital, Campinas-SP, Brasil.

***edson.sano@embrapa.br
0000-0001-5760-556X

Embrapa Cerrados, Brasília-DF, Brasil.

****glauber.castro@sp.gov.br
0000-0002-3194-5432

Instituto Agrônômico de Campinas -IAC, Jaú-SP, Brasil.

*****jener.moraes@sp.gov.br
0000-0003-1112-4204

Instituto Agrônômico de Campinas - IAC, Campinas – SP, Brasil.

*****isabella.maria@sp.gov.br
0000-0001-8093-1697

Instituto Agrônômico de Campinas - IAC, Campinas – SP, Brasil.

*****jane.silveira@sp.gov.br

<https://orcid.org/0000-0003-2502-8790>

Instituto Agrônômico de Campinas - IAC, Campinas – SP, Brasil.

*****claudineisan@pastoepixel.com
0000-0003-4181-1929

Pesquisa & Inovação, Acelen Renováveis

*****victoria.leandro@colaborador.embrapa.br
0009-0006-6176-2545

Pontifícia Universidade Católica de Campinas - PUCC, Campinas-SP, Brasil.

*****victoria.castro@colaborador.embrapa.br

0009-0009-6801-201X

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas-SP, Brasil

Resumo

O projeto “Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital – Semear Digital” visa ampliar a produção e a produtividade no agronegócio de maneira mais sustentável em escala nacional por meio do uso de tecnologias digitais e conectividade, incluindo pequenos e médios produtores. O objetivo deste trabalho, no âmbito do Eixo Temático de Inteligência Artificial e Sensoriamento Remoto, é apresentar a estrutura do diagnóstico agroambiental dos Distritos Agrotecnológicos (DATs) do projeto Semear Digital. O diagnóstico foi dividido nos seguintes tópicos: 1) distribuição espacial dos DATs, localização dos DATs no território nacional e sua distribuição nos biomas brasileiros; 2) caracterização edafoclimática, caracterização do relevo, declividade, principais tipos de solos e a localização na Divisão Hidrográfica Nacional; 3) dinâmica do uso e cobertura do solo; 4) estrutura fundiária, análise do padrão espacial das propriedades rurais; 5) dinâmica da produção agropecuária, análise multitemporal do número dos rebanhos (bovinos, suínos e galináceos); 6) infraestrutura e logística, informações da infraestrutura de transportes e logística aquaviária, ferroviária, rodoviária; e 7) áreas protegidas, espacialização das principais áreas protegidas no território nacional, unidades de conservação (UCs), áreas prioritárias para conservação (APCs); terras indígenas (TIs); e áreas de quilombos. Espera-se a disponibilização das informações compiladas e organizadas em plataforma web baseada nos conceitos internacionais de FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable and Reusable*). Os resultados do diagnóstico podem apoiar as diferentes equipes do Projeto na proposição de novas metodologias, algoritmos e construção de protótipos em inteligência artificial, sensoriamento remoto, automação, agricultura de precisão, certificação e rastreabilidade, e conectividade.

Palavras-chave: Caracterização. Planejamento. Agricultura Digital. Banco de Dados.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 2022/09319-9.

Diagnóstico da fertilidade do solo de uma gleba de produção de café em Caconde (SP)

Célia Regina Grego^{*}, Ariovaldo Luchiari Jr.^{**}, Gustavo Costa Rodrigues^{***}, Ademar Pereira^{****}, Valéria Franco de Melo^{*****}, Fabrício Fagundes^{*****}

**celia.grego@embrapa.br*

<https://orcid.org/0000-0002-5603-2736>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agricultura Digital), Campinas, SP, Brasil.

*** ariovaldo.luchiari@embrapa.br*

<https://orcid.org/0000-0002-5935-4896>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agricultura Digital), Campinas, SP, Brasil.

****gustavo.rodrigues@embrapa.br*

<https://orcid.org/0000-0001-8132-8398>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agricultura Digital), Campinas, SP, Brasil.

***** ademarpereira.caconde@hotmail.com*

Sindicato Rural de Caconde

****** valeriafmelo38@gmail.com*

Agente Local de Inovação Rural - Sebrae-SP

****** fabriciofagundes48@gmail.com*

Sindicato Rural de Caconde

Resumo

O Município de Caconde, caracterizado por possuir terrenos bastante acidentados e declivosos, é considerado o município com maior área cafeeira no estado de São Paulo, sendo distribuída em pequenas propriedades que produzem cafés de alta qualidade para o mercado. Frente a importância dessa atividade agrícola, foi realizado um levantamento da variabilidade espacial da fertilidade do solo de uma propriedade familiar com cultivo do café, representativa da realidade dos produtores familiares do município, para fins de recomendação de práticas de manejo do cultivo em Caconde, SP. Foram coletadas amostras de solo de 0-20 e de 20-40 cm de profundidade, em três talhões de uma gleba com café Catuai vermelho e amarelo, num total de 23 pontos georreferenciados. Os dados de fertilidade do solo foram submetidos à análise de variabilidade espacial e mapas foram obtidos para os macro, micronutrientes e textura do solo para identificação de zonas de manejo com técnica de manejo de agricultura de precisão. Como resultado desse diagnóstico espacial, foi identificada baixa fertilidade natural do solo com diferentes variações de distribuição espacial de acordo com cada talhão. Foi recomendado a formulação de adubação NPK e também o manejo da poda de condução do cafeeiro para que se obtenha um melhor potencial produtivo nos próximos ciclos da cultura na gleba analisada.

Palavras-chave: Variabilidade espacial. Adubação. Agricultura de Precisão. Cafeicultura.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 2022/09319-9.

Diagnóstico da maturidade do DAT Ingaí

Caroline Mendonça Nogueira Paiva*, Elisa Guimarães Cozadi** e Thacyo Bruno Custódio de Moraes***

**caroline.paiva@fagammon.edu.br*

ORCID: 0000-0003-2440-3755

Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas, UFLA

***elisa.rguimaraes@ufla.br*

ORCID: 0000-0003-4917-5218

Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas, UFLA

****thacyomorais@gmail.com*

ORCID: 0009-0008-5134-9137

Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas, UFLA

Resumo

Objetivou-se realizar um diagnóstico preliminar da maturidade do Distrito Agrotecnológico de Ingaí, nos eixos: perfil socioeconômico; nível de tecnificação dos produtores; infraestrutura local; e redes de apoio existentes no município. Realizou-se um estudo exploratório, com metodologia qualitativa e entrevistas grupais não estruturadas como fonte de coleta de dados (Fontana e Frey, 1994). Entrevistaram-se técnicos agropecuários, representantes do poder público, associações e sindicatos dos produtores, agroindústria local e fornecedores de insumos. Os dados foram tratados com análise de conteúdo. As entrevistas indicaram predominância de pequenas propriedades, com o perfil socioeconômico dos produtores majoritariamente composto por homens, de 45 anos ou mais. Há indícios de uma crescente participação feminina na gestão da propriedade. Embora os dados quantitativos disponíveis em base de dados secundárias sugiram que o município é uma bacia leiteira, as entrevistas indicaram que existe uma tendência de retração nessa atividade, em função dos grandes desafios nela envolvidos. O nível de tecnificação dos produtores é diversificado, com médios produtores demonstrando maior facilidade na adoção de tecnologias em comparação aos pequenos. As entrevistas sugerem que existe uma abertura dos produtores para a adoção de tecnologias, caso haja suporte das redes de apoio com treinamento e capacitação, proporcionando as habilidades necessárias para utilizá-las. A conectividade se torna crucial para a adoção e utilização dessas tecnologias. Um desafio para Ingaí consiste na infraestrutura de conectividade, uma vez que muitas regiões rurais do município enfrentam problemas de acesso e velocidades insuficientes, além das redes de telefonia móvel serem instáveis na região.

Palavras-chave: Perfil Socioeconômico. Infraestrutura Local. Rede de Apoio aos Produtores. Tecnificação. Distrito Agrotecnológico.

Referências:

Fontana, Andrea and James Frey. 1994. "The Art of Science." Pp. 361-76 in The Handbook of Qualitative Research, edited by N. a. Y. L. Denzin. Thousand Oaks: Sage Publications.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob os números de processo 2022/09319-9 e 2023/18453-3.

Diagnósticos socioterritoriais dos Distritos Agrotecnológicos (DATs)

Rodrigo de Freitas Espinoza* e Durval Dourado Neto**

*rrespinoza@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4384-8058>

Departamento de Produção Vegetal, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

**ccd.esalq@usp.br

<https://orcid.org/0000-0002-8452-8288>

Departamento de Produção Vegetal, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Resumo

A caracterização socioterritorial configura-se como um aspecto relevante do processo de implantação dos DATs. Organizar o conhecimento e gerar conteúdo acerca das regiões selecionadas é necessário para subsidiar o desenvolvimento de estratégias e soluções voltadas para a agricultura digital. A realização de coleta de dados em pesquisa de campo e articulação do pesquisador com diferentes atores servirá para o levantamento de informações que contribuam para as demais áreas que também estarão envolvidas na pesquisa interinstitucional.

O objetivo geral consiste na produção de diagnósticos socioeconômicos que possam mapear as necessidades de pequenos e médios produtores rurais contribuindo, assim, para redução das imperfeições de mercado deste setor e desigualdades na adoção de tecnologias digitais. A caracterização social destas regiões fará parte do processo de implantação dos DATs, promovendo possíveis ganhos de produtividade e competitividade, redução de custos e aumento da eficiência da produção agrícola nos locais contemplados pelo projeto “Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital CCDAD/SemeAr”.

A pesquisa poderá validar modelos viáveis e capazes de serem replicados em outras localidades do Brasil, gerando subsídios para políticas públicas e outras iniciativas na temática da agricultura digital. A identificação de soluções digitais ligadas às demandas encontradas pelo contato com produtores rurais, bem como com instituições públicas ou privadas, contribuirá para a consolidação de um cenário capaz de mapear os gargalos no cotidiano da produção dos diferentes arranjos locais.

Palavras-chave: Diagnósticos socioterritoriais, Políticas Públicas, Agricultura digital

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 23/07707-4.

Digitalização de dados na produção de café arábica em Caconde (SP) para certificação e apoio à obtenção de Indicação Geográfica

Ivan Bergier*, Valéria Franco de Melo**, Edson Bolfe***, Ariovaldo Luchiari Jr****, Luciana Romani*****, Célia Regina Grego*****, Stanley Oliveira*****, Ademar Pereira*****

*ivan.bergier@embrapa.br

<https://orcid.org/0000-0002-1076-8617>

Grupo de Pesquisa em Computação Científica e Aplicada, Embrapa Agricultura Digital

**valeriafmelo38@gmail.com

Agente Local de Inovação - ALI Rural SEBRAE, Sindicato Rural de Caconde

***edson.bolfe@embrapa.br

<https://orcid.org/0000-0001-7777-2445>

Grupo de Pesquisa de Modelagem Agroambiental, Embrapa Agricultura Digital

****ariovaldo.luchiari@embrapa.br

<https://orcid.org/0000-0002-5935-4896>

Setor de Prospecção e Avaliação de Tecnologias, Embrapa Agricultura Digital

*****luciana.romani@embrapa.br

<https://orcid.org/0000-0002-7386-3515>

Grupo de Pesquisa em Computação Científica e Aplicada, Embrapa Agricultura Digital

*****celia.grego@embrapa.br

<https://orcid.org/0000-0002-5603-2736>

Grupo de Pesquisa em Computação Científica e Aplicada, Embrapa Agricultura Digital

*****stanley.oliveira@embrapa.br

<https://orcid.org/0000-0003-4879-7015>

Grupo de Pesquisa em Computação Científica e Aplicada, Embrapa Agricultura Digital

*****ademarpereira.caconde@hotmail.com

Sindicato Rural de Caconde

Resumo

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o registro de Indicação Geográfica (IG) de produtos pode ser conferido mediante solicitação ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) por associação, sindicato ou qualquer outra entidade legalmente credenciada. A IG de um determinado produto agrega uma série de atributos característicos como, por exemplo, seu local de origem, o que lhes confere reputação, valor intrínseco e identidade própria, além de distingui-lo em relação a produtos análogos no mercado.

Em síntese, a IG garante a venda e o acesso a produtos únicos e diferenciados em função dos recursos naturais bem como de saberes tradicionais ou de conhecimento tácito de produção artesanal e/ou industrial. Hoje o Brasil possui 113 IGs registradas, das quais 91 envolvem produtos agroalimentares como cafés, queijos, frutas, carnes, vinhos e mel, que são subdivididas em Indicação de Procedência (IP) e Denominação de Origem (DO). A IP refere-se ao nome geográfico do território que ganhou notoriedade, enquanto que a DO é o nome geográfico do território que designa um produto cujas qualidades ou características se devam essencialmente ao ambiente geográfico, incluindo fatores naturais e/ou sociais. Para ambos os casos, há enormes desafios para a obtenção de IG junto ao INPI. Pretende-se demonstrar que a digitalização padronizada de dados e metadados em etapas-chave do processo produtivo no Distrito Agrotecnológico (DAT) de Caconde poderá garantir vantagem competitiva e ampliar o sucesso dos produtores rurais para a obtenção de IG para o café arábica diferenciado produzido em Caconde, SP.

Palavras-chave: Agregação de valor. Indicação de Origem. Indicação de Procedência. Sindicato Rural de Caconde. Rastreabilidade.

Dinâmica dos Usos Agrícolas de Guia Lopes da Laguna - MS

Victória Matusevicius^{*}, Taya Parreiras^{**}, Gustavo Bayma^{***}, Édson Bolfe^{****}, Victória Leandro^{*****},
Ivan Bergier^{*****}

**victoria.castro@colaborador.embrapa.br*
0009-0009-6801-201X

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Faculdade de Eng^a Agrícola, Campinas-SP, Brasil

***taya.parreiras@colaborador.embrapa.br*
0000-0003-2621-7745

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Pós-Graduação em Geografia, Campinas-SP, Brasil

****gustavo.bayma@embrapa.br*
0000-0001-5312-6609

Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, Brasil

*****edson.bolfe@embrapa.br*
0000-0001-7777-2445

Embrapa Agricultura Digital, Campinas-SP, Brasil.

******victoria.leandro@colaborador.embrapa.br*
0009-0006-6176-2545

Pontifícia Universidade Católica de Campinas - PUCC, Faculdade de Geografia, Campinas-SP, Brasil.

******ivan.bergier@embrapa.br*
0000-0003-1104-7106

Embrapa Agricultura Digital, Campinas-SP, Brasil.

Resumo

Os Distritos Agrotecnológicos (DATs) são unidades de pesquisa do “Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital – Semear Digital”. Tais estruturas facilitam a aplicação de tecnologias digitais para aumentar a produtividade agrícola de forma mais sustentável. O objetivo deste trabalho é analisar a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura do DAT de Guia Lopes da Laguna entre 1985 e 2020. Com dados da 8ª coleção do Projeto MapBiomass, obtidos via Google Earth Engine, a legenda foi reclassificada e mapas de transição foram elaborados, podendo analisar a dinâmica entre as classes de uso. As pastagens correspondem ao principal uso agrícola no período, passando de cerca de 52 mil ha em 1985 para 58 mil ha em 2020, um acréscimo de 11% que ocorreu mais intensamente até 2005, principalmente sobre áreas chamadas “mosaicos de uso” e vegetação natural, sendo que esta última perdeu 38% de sua área total no período. As culturas agrícolas temporárias, como soja e milho, passaram de aproximadamente 400 ha para 18 mil ha, representando 4500% de aumento. A expansão dessas lavouras deu-se a partir de processos de conversão, ou seja, da mudança de áreas destinadas a pastagens e mosaicos de uso (em que não é possível distinguir entre pastagem ou agricultura) para culturas temporárias. Os

resultados permitem compreender melhor a dinâmica agrícola e apoiar a tomada de decisão das equipes do Centro, dos agentes públicos e dos diferentes atores que atuam no meio rural de Guia Lopes da Laguna.

Palavras-chave: Agricultura digital. Diagnóstico. Distrito agrotecnológico.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 2022/09319-9.

Estimativa de biomassa de pastagens cultivadas do Triângulo Mineiro a partir de imagens multiespectrais de VANT

Tamilis Rocha Silva^{*}, Edson Eyji Sano^{**}, Mariane Rodrigues Ferreira^{***},
Juliana Baldan Neves Araújo^{****}

**tamilisrocha@hotmail.com*

https://orcid.org/0000-0003-1028-0184

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)

***edson.sano@embrapa.br*

https://orcid.org/0000-0001-5760-556X

Embrapa Cerrados

****mariane_rferreira@outlook.com*

http://orcid.org/0000-0002-5721-3459

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)

*****juliana.bcneves@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0001-6446-7249

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)

Resumo

O monitoramento da capacidade produtiva de pastagens cultivadas é crucial para identificar áreas que necessitam de recuperação. Imagens de veículo aéreo não-tripulado (VANT) podem contribuir na obtenção de importantes indicadores como a biomassa de forrageiras. O objetivo deste trabalho foi analisar o potencial de imagens multiespectrais obtidas na estação chuvosa por meio de um VANT para estimar a biomassa de pastagens cultivadas do Triângulo Mineiro. Foram realizados sobrevoos com um sensor multiespectral embarcado em um VANT modelo Phantom 4 da DJI em dez propriedades rurais localizadas nos municípios de Uberaba, Uberlândia e Prata. Para cada propriedade, foram gerados mosaicos de imagens obtidas nas faixas espectrais do azul, verde, vermelho e infravermelho próximo com suporte do programa PIX4D e, em seguida, convertidas para índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), índice de vegetação realçado (EVI) e índice de clorofila verde (GCI). Concomitantemente com os sobrevoos, foram coletadas 30 amostras destrutivas de biomassa da forrageira no campo, pesadas e extrapoladas para a área total da pastagem por meio de regressão linear simples. Os valores de biomassa variaram entre 5.845,10 kg ha⁻¹ a 13.304,20 kg ha⁻¹ (média de 8.405,58 kg ha⁻¹). Para os três índices espectrais, foram obtidos os seguintes valores mínimo e máximo: 0,15 e 0,85 para NDVI; 0,38 e 0,66 para EVI; e 3,33 e 6,49 para GCI. Segundo o modelo linear múltiplo, o NDVI apresentou a melhor relação com a biomassa ($R^2 = 0,79$, valor de $p = 0,01$, $r = 0,62$).

Palavras-chave: Monitoramento. Sensor multiespectral. Índices de vegetação. Recuperação de pastagens.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 2022/09319-9.

Estimativa de florescimento e penalização da produtividade de café em diferentes cenários no DAT de Caconde-SP

Marcus Vinicius Oliveira Noronha^{*}, João Paulo da Silva^{**}, Durval Dourado Neto^{***}, Luciana Alvim Santos Romani^{****} e Douglas Martins de Santana.

**marcus.noronha@usp.br*

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7935-6380>

Produção vegetal, ESALQ-USP

***jp_e@hotmail.com*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0695-9111>

UNICAMP

**** ddourado@usp.br*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8452-8288>

Produção vegetal, ESALQ-USP

***** luciana.romani@embrapa.br*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7386-3515>

EMBRAPA Agricultura Digital

****** douglasmartinssantana1@gmail.com*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5158-745X>

Produção vegetal, ESALQ-USP

Resumo

A cafeicultura é um dos setores mais expressivos da produção agrícola nacional, tornando o Brasil, em âmbito mundial, o maior produtor e exportador de café. De todos os fatores que influenciam a produção, como o material genético disponível ou as técnicas de manejo empregadas, o clima é o que temos a menor capacidade de controlar e é o que pode exercer maior influência na variabilidade da produção. Sendo assim, o uso de informações meteorológicas, combinadas com informações fenológicas da planta, pode ser útil no planejamento prévio e nas tomadas de decisões. Objetiva-se, por meio dessa pesquisa, validar e calibrar o modelo agrometeorológico proposto por Pereira et al. (2008), que prevê a produtividade embasada nas penalidades ocorrentes em diferentes fases fenológicas do cafeeiro, em diferentes cenários no DAT de Caconde-SP e na microrregião em que o município está inserido. O modelo foi aplicado em planilhas de Excel, onde é possível inserir os dados agrometeorológicos, os quais serão calculados o balanço hídrico, prevendo a florada plena e aplicando as penalidades embasadas no modelo. Serão coletados os dados meteorológicos de pelo menos 10 anos e a produtividade histórica de cafeeiros em diferentes cenários de cultivo (densidade populacional, cultivar, altitude, declividade e idade das plantas). Com os dados em mãos, serão aplicados à planilha, validados e calibrados para os cenários atribuídos.

Palavras-chave: Modelagem. Agrometeorologia. Estádio fenológico.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob os números de processo 23/11113-2 e 23/10672-8.

Estimativa de produtividade primária líquida e classificação climática dos DATs SemeAr Digital

Glauber Gava¹, Isabella De Maria², Jener Moraes³, Jane Silveira⁴, Gustavo Bayma⁵, Édson Bolfe⁶

¹*glauber.castro@sp.gov.br*

0000-0002-3194-5432

Instituto Agronômico de Campinas -IAC, Jaú-SP, Brasil.

²*isabella.maria@sp.gov.br*

0000-0001-8093-1697

Instituto Agronômico de Campinas - IAC, Campinas – SP, Brasil.

³*jener.moraes@sp.gov.br*

0000-0003-1112-4204

Instituto Agronômico de Campinas - IAC, Campinas – SP, Brasil.

⁴*jane.silveira@sp.gov.br*

0000-0003-2502-8790

Instituto Agronômico de Campinas - IAC, Campinas – SP, Brasil.

⁵*gustavo.bayma@embrapa.br*

0000-0001-5312-6609

Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, Brasil

⁶*edson.bolfe@embrapa.br*

0000-0001-7777-2445

Embrapa Agricultura Digital, Campinas-SP, Brasil.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar preliminarmente a estimativa da produtividade primária líquida (PPL) e determinar a classificação dos tipos climáticos nos Distritos Agrotecnológicos (DATs) do Centro SemeAr Digital. Para os dez DATs foram determinados a produtividade primária líquida (PPL), utilizando modelo de Miami e a classificação do tipo climático segundo Köppen-Geiger. As PPL foram de: 1.706; 1.921; 1.699; 1.904; 1.631; 2.348; 1.811; 1.913; 1.076; 1.868 gramas de matéria seca m⁻² ano⁻¹ para os respectivos DATs de: Alto Alegre; Jacupiranga; Lagoinha; Caconde; São Miguel de Arcanjo (SP); Breves (PA); Vacaria (RS), Ingaí (MG), Boa Vista do Tupim (BA) e Guia Lopes da Laguna (MS). Os tipos climáticos foram de: Aw (Equatorial de savana com inverno seco): Alto Alegre, Jacupiranga e Guia Lopes da Laguna; Cwb (Clima subtropical de altitude): Lagoinha; Cwa (Temperado, inverno seco e verão quente): Caconde e Ingaí; Cfa (Temperado, sem estação seca e verão quente): São Miguel de Arcanjo; Af (Equatorial de floresta tropical muito úmida): Breves; Cfb (Temperado, sem estação seca e verão fresco): Vacaria; BSh (Clima semiárido quente):

Boa Vista do Tupim. A PPL foi limitada pela temperatura no DAT de Vacaria, nos demais municípios a deficiência hídrica foi o fator limitante.

Palavras-chave: Modelo Miami. Köppen-Geiger. Biomassa. Potencial de produção.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 2022/09319-9.

Estratégia de gestão de dados do Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital

Debora Pignatari Drucker*, Cássia Isabel Costa Mendes**, Isaque Vacari***, Daniel Apolinario****, Luciana Alvim Santos Romani*****

* *debora.drucker@embrapa.br*
ORCID 0000-0003-4177-1322
Embrapa Agricultura Digital

** *cassia.mendes@embrapa.br*
ORCID 0000-0002-7646-5870
Embrapa Agricultura Digital

*** *isaque.vacari@embrapa.br*
ORCID 0000-0002-8719-1107
Embrapa Agricultura Digital

**** *daniel.apolinario@embrapa.br*
ORCID 0000-0002-7636-536X
Embrapa Agricultura Digital

***** *luciana.romani@embrapa.br*
ORCID 0000-0002-7386-3515
Embrapa Agricultura Digital

Resumo

A gestão de dados ao longo de seu ciclo de vida tem se tornado muito relevante em pesquisas científicas, tornando-se ainda mais importante em um centro focado em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias digitais. O objetivo deste trabalho é apresentar a estratégia de gestão de dados elaborada para o Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital (CCD-AD/Semear Digital), considerando a heterogeneidade dos dados gerados pelo centro em termos de estrutura e conteúdo, bem como sua abrangência temporal, espacial e temática. Com abordagem exploratória, os métodos usados foram o estudo de caso da experiência do CCD-AD/Semear, a revisão de literatura e a consulta ao arcabouço legal. Os resultados são (i) o Plano de Gestão de Dados elaborado para o Centro, de acordo com as diretrizes da agência de fomento (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - Fapesp); (ii) o delineamento de ações para assegurar a aderência aos Princípios FAIR (do inglês: Encontráveis, Acessíveis, Interoperáveis e Reusáveis); (iii) a definição de diretrizes para implementação de uma infraestrutura computacional adequada à diversidade de dados gerados pelo Centro, incluindo tecnologias para a construção e gerenciamento de um *data lake* e (iv) a análise de questões legais e normativas sobre privacidade e proteção de dados para subsidiar o seu tratamento.

Palavras-chave: Gestão de dados. Proteção de dados. Princípios FAIR.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 2022/09319-9.

GANs para fusão de dados ótico-radar: remoção de nuvens em imagens de sensoriamento remoto

Antonio José Homsí Goulart*, Durval Dourado Neto**

**antoneecs@gmail.com*

<https://orcid.org/0000-0002-3253-650X>

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP

***ddourado@usp.br*

<https://orcid.org/0000-0002-8452-8288>

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP

Resumo

Diversas tecnologias são utilizadas para imageamento no sensoriamento remoto em agricultura. Nesta pesquisa temos interesse na fusão de imagens obtidas por sensoriamento remoto ótico orbital e por radares de abertura sintética. Sistemas óticos registram a reflexão da radiação solar incidente na Terra, gerando imagens de fácil interpretação, mas apresentando utilidade limitada em caso de presença de nuvens (ou em horários noturnos). Sistemas por radar emitem sinais de microondas (não afetados por nuvens) e registram a intensidade e a fase do sinal que retorna ao satélite, gerando imagens com diferente semântica das geradas pela reflexão de radiação na faixa do visível, sendo de mais difícil interpretação. Uma possível abordagem para a remoção de nuvens em imagens de sensoriamento remoto ótico é baseada na fusão de dados ótico-radar por meio de Redes Adversárias Generativas (Generative Adversarial Networks, GANs) - modelos de aprendizado profundo baseados em um jogo entre duas redes neurais artificiais: enquanto uma rede geradora aprende a sintetizar dados com a mesma distribuição de um conjunto de treinamento, uma rede discriminadora aprende a diferenciar amostras reais das amostras sintetizadas. A motivação para a realização da pesquisa decorre do elevado índice de presença de nuvens no Brasil, chegando a 70% do tempo em algumas regiões. Avanços nos algoritmos de remoção de nuvens são de interesse para a agricultura do nosso país e para a agricultura tropical como um todo. Nesta apresentação será realizada uma breve introdução sobre o treinamento e funcionamento das GANs, sobre o dataset SEN12MS-CR (TUM/DLR) e sobre a pesquisa em andamento, visando fomentar a discussão com a comunidade do Semear Digital.

Palavras-chave: Redes neurais adversárias. Fusão de dados. Sensoriamento remoto.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 23/06905-7.

Gerenciamento das Barreiras no Desenvolvimento da Agricultura 4.0 na Cadeia de Produção Agrícola da Região Sul do Brasil

Franco da Silveira^{*}, Fernando Gonçalves Amaral^{**} e Jayme Garcia Arnal Barbedo^{***}

franco.da.silveira@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9441-0144>
Embrapa Agricultura Digital

ferqonomia@ufrgs.br
<https://orcid.org/0000-0003-4581-9557>
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

jayme.barbedo@embrapa.br
<https://orcid.org/0000-0002-1156-8270>
Embrapa Agricultura Digital

Resumo

A agricultura 4.0 atualiza os métodos tradicionais de produção e as estratégias agrícolas mundiais para uma cadeia de valor otimizada usando uma variedade de tecnologias emergentes que aprimoram soluções disruptivas em todas as etapas e processos da cadeia de produção agrícola. Devido à complexidade do ecossistema agrícola em mudança, os benefícios da nova revolução tecnológica não serão compartilhados uniformemente. No Brasil, o cenário de desenvolvimento da agricultura 4.0 é complexo e pouco se sabe sobre as reais barreiras que causam impacto na sua adoção entre os atores da cadeia de produção agrícola. Este projeto investiga como pode ser realizado o gerenciamento das barreiras que dificultam o desenvolvimento da agricultura 4.0 na cadeia de produção agrícola da região Sul do Brasil. A abordagem de pesquisa inclui o uso de *mixed-method* (qualitativo - Revisão Sistemática da Literatura, *Interpretive Structural Modeling*, *Matrix Impact of Cross Multiplication Applied to Classification*, e quantitativo - Análise Fatorial Confirmatória, *Interpretive Structural Modeling*). Os principais resultados podem ser sumarizados como: (i) compilado das descrições da agricultura 4.0, proposição de uma definição do termo para a cadeia de produção agrícola, identificação e classificação de 25 barreiras em dimensões (tecnológica, econômica, política, social e ambiental), apresentação das tecnologias, vantagens, desvantagens, tendências, e agenda de pesquisa; (ii) validação de 25 barreiras, apresentação e discussão das barreiras mais frequentes e importantes apontadas pelos agricultores; e (iii) identificação das barreiras no desenvolvimento da agricultura 4.0 que possuem alto poder de condução e as que são dependentes, proposta de um *framework* para gerenciá-las.

Palavras-chave: Agricultura Digital. Agricultura 4.0. Cadeia de Produção Agrícola. Brasil.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 23/12215-3.

Índice de desenvolvimento rural sustentável nos Distritos Agrotecnológicos do Estado de São Paulo

Douglas Martins de Santana*, Durval Dourado Neto** e Marcus Vinicius Oliveira Noronha***

*douglas.martinssantana@usp.br
0000-0002-5158-745X
Fitotecnia, ESALQ/USP

**ddourado@usp.br
0000-0002-8452-8288
Fitotecnia, ESALQ/USP

***marcus.noronha@usp.br
0009-0004-7935-6380
Fitotecnia, ESALQ/USP

Resumo

O desenvolvimento rural refere-se à capacidade de atender às demandas da sociedade atual, sem comprometer as futuras gerações. Assim, o Índice de Desenvolvimento Rural Sustentável é um instrumento plurifacetado que avalia o grau de desenvolvimento das áreas rurais com base nas dimensões econômica, social e ambiental. Por meio do Projeto SemeAr foram implantados cinco Distritos Agrotecnológicos no estado de São Paulo – Caconde, São Miguel Arcanjo, Alto Alegre, Jacupiranga e Lagoinha - visando a difusão de tecnologias digitais para pequenos e médios produtores. Deste modo, surge a hipótese de desenvolver um índice específico destinado aos Distritos estaduais, com o intuito de quantificar e caracterizar a sustentabilidade de maneira técnica. Objetiva-se estabelecer uma metodologia que permita uma análise do desenvolvimento rural sustentável dentro dessas áreas específicas. Para a elaboração do índice serão considerados todos os municípios do estado. Serão adotadas as seguintes variáveis: valor adicionado bruto à agropecuária e renda média do estabelecimento (econômicas); expectativa de vida e anos de escolaridade (sociais); e áreas de preservação permanente, áreas de reserva legal e nível de comprometimento hídrico (ambientais). As variáveis serão padronizadas de 0 a 1, e serão analisadas por estatística descritiva. Cada variável constituirá um índice de nível 1, de sua respectiva dimensão. No nível 2, será usada a raiz enésima das variáveis do nível anterior, para cada dimensão. No nível 3, será empregada a raiz cúbica dos índices de nível 2. Os dados serão coletados do último censo agropecuário e da plataforma Lupa, do Instituto de Economia Agrícola.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Indicadores de sustentabilidade. Desenvolvimento territorial.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 23/10672-8.

Índices de sustentabilidade agroambiental baseados em geotecnologias aplicados a pequenas e médias propriedades rurais

Gustavo Klinke^{*}, Édson Bolfe^{**}, Ivan Bergier^{***} e Gustavo Bayma^{****}

**gus.klinke@gmail.com*

0000-0002-5876-7138

Doutorando, Departamento de Geografia, Unicamp

***edson.bolfe@embrapa.br*

0000-0001-7777-2445

Pesquisador, Embrapa Agricultura Digital e Professor, Unicamp

****ivan.bergier@embrapa.br*

0000-0002-1076-8617

Pesquisador, Embrapa Agricultura Digital

*****gustavo.bayma@embrapa.br*

0000-0001-5312-6609

Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, Brasil

Resumo

A produção agrícola em larga escala, com uso extensivo de insumos como fertilizantes, pesticidas e água, tem gerado impactos ambientais significativos, despertando interesse global na pesquisa sobre sustentabilidade agrícola. Sistemas agrícolas mais sustentáveis são essenciais para o manejo responsável dos recursos naturais e a promoção da saúde humana a longo prazo. A definição de indicadores para a avaliação de sustentabilidade agroambiental tem sido tema de debate entre os pesquisadores, sendo desafiador selecionar os mais relevantes. Embora a inclusão de uma variedade de indicadores enriqueça a análise, isso aumenta os custos e o tempo de coleta e análise de dados. Por outro lado, focar em apenas um indicador pode fornecer uma imagem incompleta da sustentabilidade. A criação de um conjunto adequado de indicadores é complexa, pois eles devem refletir adequadamente o grau de sustentabilidade. Este projeto de doutorado, associado ao SemeAr Digital visa, por meio de geotecnologias, identificar os indicadores mais pertinentes e viáveis para avaliar a sustentabilidade agroambiental em pequenas e médias propriedades rurais, localizadas em diferentes três biomas do Brasil. A pesquisa será conduzida em municípios inseridos nos Distritos Agrotecnológicos (DATs), representando a Mata Atlântica (Caconde-SP), Floresta Amazônica (Breves-PA) e Cerrado (Guia Lopes da Laguna-MS). Com a integração de dois eixos temáticos, Inteligência Artificial e Sensoriamento Remoto / Certificação e Rastreabilidade, pretende-se proporcionar uma abordagem mais abrangente e robusta. Os resultados esperados incluem o desenvolvimento de uma metodologia aplicável aos produtores, melhorando a credibilidade de suas produções e valorizando seus ativos.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Certificação. Agricultura Digital.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 2022/09319-9.

Integração de imagens de satélites óticos e SAR para monitoramento do uso e cobertura da terra

Glauber Gava¹, Isabella De Maria², Jane Silveira³, Jener Moraes⁴, Regina Pires⁵, Édson Bolfe⁶

¹*glauber.castro@sp.gov.br*

0000-0002-3194-5432

Instituto Agronômico de Campinas -IAC, Jaú-SP, Brasil.

²*isabella.maria@sp.gov.br*

0000-0001-8093-1697

Instituto Agronômico de Campinas - IAC, Campinas – SP, Brasil.

³*jane.silveira@sp.gov.br*

0000-0003-2502-8790

Instituto Agronômico de Campinas - IAC, Campinas – SP, Brasil.

⁴*jener.moraes@sp.gov.br*

0000-0003-1112-4204

Instituto Agronômico de Campinas - IAC, Campinas – SP, Brasil.

⁵*regina.pires@sp.gov.br*

0000-0003-4200-7094

Instituto Agronômico de Campinas - IAC, Campinas – SP, Brasil.

⁶*edson.bolfe@embrapa.br*

0000-0001-7777-2445

Embrapa Agricultura Digital, Campinas-SP, Brasil.

Resumo

A evolução do imageamento SAR (Synthetic Aperture Radar) vem apresentando bons resultados no mapeamento do uso e cobertura da terra, tendo como principal vantagem não possuir influência direta da atmosfera e da cobertura de nuvens, em comparação com o imageamento ótico. Assim o objetivo da presente pesquisa será o de realizar uma nova abordagem da fusão dos dados de satélites ativos SAR e óticos, para produzir mapas de uso e cobertura da terra, de forma sinérgica buscando melhorar o processo de segmentação e classificação espaço temporais de áreas agrícolas. A área de estudo do presente projeto será composta pelos DATs: Alto Alegre, Jacupiranga e Lagoinha em São Paulo. Os dados do Sentinel 1 serão adquiridos no formato Interferometric Wide Swath (IW) de nível 1 GRD. As imagens processadas do sensor SAR serão reprojadas em uma grade padrão de 10 x 10 m. Nas mesmas datas, os dados dos satélites óticos em nível 2A serão adquiridos do satélite Sentinel 2. A fusão de imagens será realizada ao nível de pixels e com resolução espacial de 10 m. A classificação das imagens será realizada após a fusão ao nível de pixel onde posteriormente, essas classes serão determinadas como entrada para produção dos

mapas de uso e cobertura do solo. O respectivo conjunto de dados de teste (30%) será usado para avaliar a precisão da classificação de todas as imagens em uma matriz. Os dados gerados têm potencial de apoiar a tomada de decisão dos diferentes grupos de pesquisa do Centro SemeAr Digital e atores locais.

Palavras-chave: SAR (Synthetic Aperture Radar). Sensoriamento remoto.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 2022/09319-9.

Investigação dos possíveis contribuintes da poluição da Represa Graminha – Caconde -SP

Fernando Cortizo^{*}, Luciana Alvim Santos Romani^{**}, Janaina Mitsue Kimpara^{***}, Thais Dibbern^{****}

**fernando.cortizo@colaborador.embrapa.br*

ORCID 0009-0009-9935-9323

Embrapa Agricultura Digital

***luciana.romani@embrapa.br*

ORCID 0000-0002-7386-3515

Embrapa Agricultura Digital

****janaina.kimpara@embrapa.br*

ORCID 0000-0003-2872-7650

Embrapa Agricultura Digital

*****thais.dibbern@colaborador.embrapa.br*

ORCID 0000-0003-4826-4614

Embrapa Agricultura Digital

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar parte dos resultados da pesquisa intitulada “Cruzamento de informações de SIG e dados de monitoramento do corpo hídrico para análise de qualidade da água na Represa da Graminha - Caconde - SP”, em estudo pela Embrapa Agricultura Digital. Neste contexto, este trabalho busca verificar a participação dos contribuintes da poluição da Represa Graminha em Caconde - SP. Será utilizada a ferramenta SIG (Sistema de Informações Geográficas), associada a Equação Universal de Perdas de Solo Modificada (MEUPS), para estimar a quantidade de solo que vai para o corpo hídrico, bem como os dados da plataforma SNIS, do Governo Federal, para se mensurar a quantidade de esgoto que é enviado aos afluentes da represa, além das emissões realizadas pela produção de piscicultura local (sendo verificado na literatura atual o quanto cada quilo de Tilápia emite e obter a quantidade em tonelada da cultura com os produtores e associações locais). Posteriormente, a comparação dessas informações será conduzida com base nos dados obtidos em monitoramento já realizado pelas agências de fiscalização dos estados de São Paulo e Minas Gerais.

Palavras-chave: Qualidade da água, monitoramento ambiental, SIG, monitoramento do corpo hídrico, aquicultura.

Perfil sócio-econômico de produtores de café de Caconde-SP: uma análise exploratória

Derick David Quintino*, Jaqueline Severino da Costa** e Paulo Henrique Montagna Vicente Leme***

**derickdq@alumni.usp.br*
ORCID: 0000-0002-9382-8442
Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas, UFLA

***jaqueline.s.costa@ufla.br*
ORCID: 0000-0002-8822-4687
Faculdade de Ciências Agrárias de Lavras, UFLA

****paulo.leme@ufla.br*
ORCID: 0000-0003-4174-5642
Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas, UFLA

Resumo

A Agricultura 4.0 está se tornando uma realidade para muitos produtores agrícolas brasileiros, especialmente entre os maiores, e tem despertado um interesse crescente como tema de pesquisa no Brasil nos últimos anos. No entanto, a plena incorporação dessa tecnologia ainda enfrenta desafios significativos, especialmente entre os pequenos e médios empreendimentos agrícolas. Esses desafios podem incluir acesso limitado a recursos financeiros e tecnológicos, falta de capacitação e conhecimento sobre as novas tecnologias agrícolas e infraestrutura inadequada em áreas rurais. Superar esses obstáculos é crucial para garantir que todos os produtores agrícolas possam se beneficiar das inovações da Agricultura 4.0 e melhorar sua eficiência, produtividade e sustentabilidade. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo realizar um diagnóstico sócio-econômico dos produtores de café de pequeno e médio portes situados em Caconde-SP. O método de análise baseou-se na aplicação de 14 questionários, realizados em julho de 2023, e os resultados foram tabulados e consolidados para análise estatística. Constatou-se que a maioria dos produtores entrevistados é predominantemente do sexo masculino (86%), de pequenas propriedades familiares (mediana de 11 hectares de área plantada) e com longa experiência na atividade cafeeira (mediana 27 anos). Embora a maioria tenha acesso à internet, o uso de tecnologias digitais ainda é limitado (21%), apesar do reconhecimento de seu potencial benefício. Esses resultados destacam a necessidade de fornecer suporte e capacitação para incentivar a adoção de tecnologias digitais na gestão agrícola, visando aprimorar a eficiência e a sustentabilidade do setor.

Palavras-chave: Agricultura 4.0. Agricultura Inteligente. Distrito Agrotecnológico (DAT). Agricultura Brasileira.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 2022/09319-9 e 23/18452-7.

Pilares e características da Agricultura Digital: explorando as perspectivas dos integrantes do Centro Semear Digital

Thais Dibbern*, Luciana Alvim Santos Romani** e Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá**

**thais.dibbern@colaborador.embrapa.br*

ORCID 0000-0003-4826-4614

Embrapa Agricultura Digital

***luciana.romani@embrapa.br*

ORCID 0000-0002-7386-3515

Embrapa Agricultura Digital

***silvia.massruha@embrapa.br*

ORCID 0000-0002-8055-0680

Embrapa

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar parte dos resultados da pesquisa intitulada “Proposição de metodologia para geração de indicadores de inovação em agricultura digital”, vinculada ao Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital - CCD-AD/Semear Digital. Nesse sentido, busca-se delinear os principais pilares e características da Agricultura Digital, com base nas perspectivas obtidas por parte dos integrantes do Centro Semear Digital. Do ponto de vista metodológico, procedeu-se à aplicação de um questionário online aos participantes do Centro durante o período de outubro a novembro de 2023, com o intuito de identificar seus interesses e áreas de atuação nos Distritos Agrotecnológicos (DATs) e nas cadeias produtivas, bem como obter informações acerca de suas concepções sobre a Agricultura Digital, o emprego de indicadores e a prospecção de resultados futuros. Como resultado, registrou-se um total de 57 respondentes de diferentes áreas do conhecimento e eixos de atuação. Com base nas respostas obtidas, uma série de definições sobre Agricultura Digital foram identificadas e analisadas, conformando os principais pilares e características atribuídas ao conceito, são eles: i. disponibilidade de infraestrutura, conectividade e acesso à informação; ii. uso e difusão de tecnologias digitais no campo; iii. capacitação e suporte técnico; iv. otimização do trabalho; e, v. sustentabilidade. Por meio destes pilares e características, aliado a outros procedimentos metodológicos e investigativos, têm sido elaborados indicadores de inovação para a Agricultura Digital no âmbito do projeto de pesquisa principal.

Palavras-chave: Agricultura Digital. Tecnologias digitais. Centro Semear Digital.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 23/08686-0.

Potencialidades da produção de tilápia em tanque-rede na Represa da Graminha – Caconde -SP e desafios ambientais

Fernando Cortizo^{*}, Luciana Alvim Santos Romani^{**}, Janaina Mitsue Kimpara^{***}, Thais Dibbern^{****}

**fernando.cortizo@colaborador.embrapa.br*

ORCID 0009-0009-9935-9323

Embrapa Agricultura Digital

***luciana.romani@embrapa.br*

ORCID 0000-0002-7386-3515

Embrapa Agricultura Digital

****janaina.kimpara@embrapa.br*

ORCID 0000-0003-2872-7650

Embrapa Agricultura Digital

*****thais.dibbern@colaborador.embrapa.br*

ORCID 0000-0003-4826-4614

Embrapa Agricultura Digital

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar resultados parciais da pesquisa intitulada “Fragilidades Ambientais da bacia hidrográfica Represa da Graminha – Caconde - SP”, área estudada pela Embrapa Agricultura Digital. Neste contexto, esse trabalho faz uma análise utilizando do conceito “fragilidade potencial” e a “fragilidade emergente”, associado a uma análise bibliográfica, visando compreender as características que estão afetando e impactando a produção da tilápia. Além disso, busca-se encontrar mitigações que usem soluções verdes, que podem aumentar a renda e melhorar a qualidade do corpo hídrico. Como parte dos resultados preliminares, foi possível desenvolver o mapa de fragilidade ambiental e encontrar soluções verdes como a produção consorciada.

Palavras-chave: Fragilidade Ambiental, desafios ambientais, soluções verdes, mitigação.

Produção de água e fluxo de sedimentos em função das mudanças no uso e cobertura da terra

Jener F. L. Moraes¹, Isabella C. De Maria², Glauber J. C. Gava³, Jane M. C. Silveira⁴, Edson L. Bolfe⁵, Gustavo Bayma⁶

¹*jener.moraes@@sp.gov.br*

<https://orcid.org/0000-0003-1112-4204>

Instituto Agronômico de Campinas - IAC, Campinas – SP, Brasil

²*isabella.maria@sp.gov.br*

<https://orcid.org/0000-0001-8093-1697>

Instituto Agronômico de Campinas - IAC, Campinas – SP, Brasil

³*glauber.gava@sp.gov.br*

<https://orcid.org/0000-0002-3194-5432>

Instituto Agronômico de Campinas -IAC, Jaú-SP, Brasil

⁴*jane.silveira@sp.gov.br*

<https://orcid.org/0000-0003-2502-8790>

Instituto Agronômico de Campinas - IAC, Campinas – SP, Brasil

⁵*edson.bolfe@embrapa.br*

<https://orcid.org/0000-0001-7777-2445>

Embrapa Agricultura Digital, Campinas-SP, Brasil

⁶*gustavo.bayma@embrapa.br*

<https://orcid.org/0000-0001-5312-6609>

Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, Brasil

Resumo

As mudanças no uso da terra ocorridas principalmente pela expansão urbana e pela agricultura, interferem na disponibilidade hídrica e nos processos erosivos nas bacias hidrográficas. Assim, torna-se imprescindível a avaliação desses impactos em bacias hidrográficas decorrentes principalmente das alterações no uso da terra e das mudanças climáticas. O objetivo desta pesquisa é avaliar a produção de água e fluxo de sedimentos em três bacias hidrográficas nas quais situam-se três Distritos Agrotecnológicos (DAT) no estado de São Paulo. A área de estudo do presente projeto será composta pelos DATs de Alto Alegre, Jacupiranga e São Miguel Arcanjo. Para a simulação da produção de água e de sedimentos será empregado o modelo Soil and Water Assessment Tools (SWAT),(ARS-USDA) e amplamente aplicado em todo o mundo (Arnold et al., 1998; Gassman et al. 2007; Bressiani et al. 2015). Para cada bacia hidrográfica será elaborado um banco de dados com informações sobre relevo, uso e ocupação das terras, solos e séries históricas de dados meteorológicos. Essas informações serão integradas no modelo SWAT em um Sistema de

Informação Geográfica (SIG). Cenários de uso e ocupação do solo nos anos de 1962, 2002 e 2022 serão analisados para determinação da produção de água (vazão, escoamento superficial, infiltração de água no solo) e produção de sedimentos nos DATs estudados. Os resultados são essenciais para a caracterização hidrológica das bacias hidrográficas, avaliação de cenários futuros e avaliação do impacto de políticas e estratégias de uso da água mais adequadas e eficientes.

Palavras-chave: SWAT (Soil and Water Assessment Tools). Modelagem hidrológica. Cenários.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 2022/09319-9.

Proposição de Estratégias para Superar as Barreiras que Dificultam a Implementação das Tecnologias da Agricultura 4.0: um estudo de caso nos Distritos Agro-Tecnológicos (DATs)

Franco da Silveira^{*}, Everton Castelão Tetila^{**} e Jayme Garcia Arnal Barbedo^{***}

^{*}franco.da.silveira@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9441-0144>

Embrapa Agricultura Digital

^{**}evertontetila@ufgd.edu.br

<https://orcid.org/0000-0001-5396-766X>

Embrapa Agricultura Digital

^{***}jayme.barbedo@embrapa.br

<https://orcid.org/0000-0002-1156-8270>

Embrapa Agricultura Digital

Resumo

A agricultura 4.0 é composta por diferentes tecnologias já em operação ou em desenvolvimento, como aprendizado de máquina, veículos aéreos não tripulados, robótica, e inteligência artificial, que trazem benefícios em todas as etapas e processos da cadeia de produção agrícola. No entanto, uma série de barreiras pode dificultar a implementação bem-sucedida da agricultura 4.0 neste setor. Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, as discussões sobre esse cenário são menos abrangentes e merecem atenção. A heterogeneidade cultural, econômica e política das regiões agrícolas brasileiras é um dos problemas que restringe a aceitação uniforme da agricultura 4.0 no país. No caso dos pequenos e médios produtores rurais, as dificuldades na adoção dessas tecnologias são ainda maiores. O recém-criado Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital (CCD-AD/SemeAr) possui um eixo temático que trata dos desafios da implementação da agricultura 4.0 no Brasil: Distritos Agro-Tecnológicos (DATs) e impactos socioeconômicos e ambientais. Há, contudo, um passo intermediário que é de fundamental importância para maximização desses impactos e que não foi explicitamente prevista no projeto original, ou seja, a busca por soluções para remover as barreiras que dificultam a adoção de tecnologias da agricultura 4.0 nos DATs. Esse projeto objetiva propor estratégias para superar as barreiras que dificultam a implementação das tecnologias da agricultura 4.0 nos DATs. As contribuições deste projeto proporcionarão uma melhor compreensão da agricultura 4.0 existente no Brasil e apontarão soluções que podem melhorar sua implementação nos DATs.

Palavras-chave: Agricultura 4.0. Adoção. Distritos Agro-Tecnológicos. CCD-AD/SemeAr.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob os números de processo 23/12215-3 e 23/03870-8.

Sensores proximais para avaliação da irrigação do feijoeiro

Jane M. C. Silveira ^{*}, Juliana A. Góes ^{**}, Dijaina F. S. Prado ^{***}, Regina C. M. Pires ^{****}

**jane.silveira@sp.gov.br*

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2502-8790>

Centro de Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita, Instituto Agronômico de Campinas, IAC

*** goes.juliana@outlook.com*

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0832-9823>

Centro de Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita, Instituto Agronômico de Campinas, IAC

**** dija-92@hotmail.com*

ORCID <https://orcid.org/0009-0002-7540-1258>

Centro de Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita, Instituto Agronômico de Campinas, IAC

***** regina.pires@sp.gov.br*

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4200-7094>

Centro de Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita, Instituto Agronômico de Campinas, IAC

Resumo

Atualmente, é imprescindível estimar a eficiência do uso da água pelas culturas irrigadas. Sensores proximais, como radiômetro térmico infravermelho (IRT), permitem medir fluxo de radiação na copa da planta sem que haja contato físico com as folhas, o que possibilita avaliar o índice de estresse hídrico da cultura (CWSI). Um estudo foi realizado na Fazenda Santa Elisa IAC, Campinas, SP com objetivo de avaliar e monitorar a irrigação do feijoeiro sob pivô central. O plantio do feijão cv. IAC1850 foi realizado em 06/08/2023, durante o ciclo foram monitorados a umidade, a temperatura e a condutividade elétrica do solo com sensores instalados a 0,20 e 0,40 metros de profundidade e também a temperatura da copa por meio sensores IRT, instalados a 0,8 metros de altura e ângulo de 30°C, todos conectados ao Datalogger. Dados de precipitação, temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento foram obtidos da estação automática localizada a 700 metros da área experimental. Constatou-se que a temperatura máxima e mínima da copa foi de 36,4°C e 16,7°C, respectivamente. A umidade do solo variou de 0,44 a 0,31 m³.m³. As linhas de base do CWSI para feijoeiro, dada pela inclinação obtida por Tc - Ta versus VPD, foi estável e quase sempre a mesma. Já a interceptação moveu-se visivelmente para baixo no período da tarde, ou seja, diminuiu ao longo do dia. A linha de base inferior sem estresse hídrico foi obtida de 10h até 14h, para VPD superior a 2 kPa.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. CWSI. Pivô central. Estresse hídrico.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 2022/09319-9.

Sensoriamento Espectral como Solução de TVWS

Lucas dos Santos Costa* e Luciano Leonel Mendes**

*lucass@inatel.br

<https://orcid.org/0000-0002-3054-395X>

Centro de Referência em Radiocomunicações - CRR, Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel

**luciano1@inatel.br

<https://orcid.org/0000-0002-1996-7292>

Centro de Referência em Radiocomunicações - CRR, Instituto Nacional de Telecomunicações - Inatel

Resumo

No acesso oportunista aos chamados espaços em branco dos canais de televisão (*television white spaces*, TVWSs), banco de dados georreferenciado (*geolocation data base*, GDB) e sensoriamento espectral (*spectrum sensing*, SS) são técnicas de rádio cognitivo usadas como soluções de interoperabilidade entre incumbentes e usuários secundários nas áreas remotas e rurais. O uso de GDBs justifica-se pela natureza fixa da canalização dos canais de TV, nas faixas de VHF e UHF, pois armazenam informações sobre as faixas com acesso permitido aos usuários secundários, bem como outras pertinentes às suas alocações. Porém, indisponibilidade de conexão e atrasos de atualização, por exemplo, são desvantagens relevantes do uso isolado de GDBs que podem afetar a coexistência harmoniosa entre os sistemas de comunicação legados e secundários. Neste contexto, o uso de SS se faz interessante devido à natureza dinâmica dessa solução, que permite identificar oportunidades para o estabelecimento de alocações secundárias em tempo real; complementando, assim, as informações dos GDBs, e podendo garantir melhor interoperabilidade. Isto, no entanto, requer técnicas de SS com alto desempenho em termos de identificação de oportunidades de alocação secundária nas áreas remotas e rurais. Por isso, uma vez que se dispõe de uma plataforma para soluções de TVWS, o objetivo do presente trabalho é estudar, implementar e experimentar técnicas de SS para o melhor desempenho nessas áreas. Investigações anteriores revelaram a importância de melhores desempenhos do SS nessa tal plataforma, e as atuais avaliam as chances de uma técnica alternativa; a (*weighted circular-folding cooperative power spectral density split cancellation*, WCFCPSC).

Palavras-chave: TVWS. Áreas Remotas e Rurais. Plataforma de TVWS. Sensoriamento Espectral e Técnicas de Sensoriamento Espectral. WCFCPSC.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 2022/09319-9.

Real-time MIMO-GFDM Transceiver for Future 6G Applications

Emmanuel U. Ogbodo* and Luciano L. Mendes**

* emmanuel.ogbodo@posdoc.inatel.br

<https://orcid.org/0000-0001-5934-421X>

Radiocommunications Reference Center (CRR), INATEL

** lucianol@inatel.br

<https://orcid.org/0000-0002-1996-7292>

Radiocommunications Reference Center (CRR), INATEL

Abstract

The increasing quests of the future 6G networks for higher data rates, lower latency, and more efficient spectrum utilization necessitate advanced innovative solutions. One promising innovation is the Real-time Multiple-Input Multiple-Output-Generalized Frequency Division Multiplexing (MIMO-GFDM) transceiver, designed to address these pursuits effectively. This paper proposes a novel real-time MIMO-GFDM transceiver architecture tailored for future 6G networks to support high throughput and efficient spectrum utilization applications. MIMO technology enhances throughput by using multiple transmission and reception antennas, while GFDM, as a non-orthogonal multiplexing technique, offers flexibility in waveform design and improves spectral efficiency. However, the GFDM is associated with inherent challenges such as high Peak-to-Average Power Ratio (PAPR)/computational complexity, synchronization, and self-induced interference (inter-symbol-interference (ISI)). To address these problems, this work employs software-defined radios (SDRs) to build reconfigurable robust performance-efficient approaches to real-time MIMO detection. The work implements time reversal space-time code (TR-STC) in the samples of GFDM symbols to mitigate the ISI. In addition, a polar code was implemented in the encoder and decoder to improve the bit error rate (BER) performance and maintain high throughput. Simulation results show significant throughput and spectral efficiency improvements compared to conventional OFDM systems, confirming the transceiver's capability to meet the stringent requirements of next-generation wireless networks. Also, the Symbol error probability from TR-STC-based GFDM achieves full diversity compared to traditional network diversity. Overall, this work validates the potential of MIMO-GFDM transceivers to revolutionize next-generation wireless communication by providing high-throughput, efficient, and reliable data transmission in complex and harsh environmental conditions.

Keywords: 6G network, MIMO-GFDM, Real-time, Harsh environmental conditions.

Financiamento: Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) sob o número de processo 23/15030-4.

Caracterização dos DATs

Entre os dez Distritos Agrotecnológicos (DATs), dois já foram implementados em projeto anterior, liderado pelo CPQD e pela Embrapa. Estes primeiros pilotos, que servem como referência, foram estabelecidos nos municípios paulistas de Caconde e de São Miguel Arcanjo. Além deles, o Estado de São Paulo vai receber mais três DATs: em Jacupiranga, Lagoinha e Alto Alegre. Ainda na região Sudeste, Ingaí (MG) foi selecionada para as atividades. As regiões Norte e Nordeste serão integradas ao projeto a partir de Breves (PA) e Boa Vista do Tupim (BA), respectivamente. Enquanto, no Centro-Oeste, participa a cidade de Guia Lopes da Laguna (MS) e, representando o Sul, está Vacaria (RS)¹. Apresenta-se a seguir a localização (Figura 1) e a síntese da caracterização dos DATs.

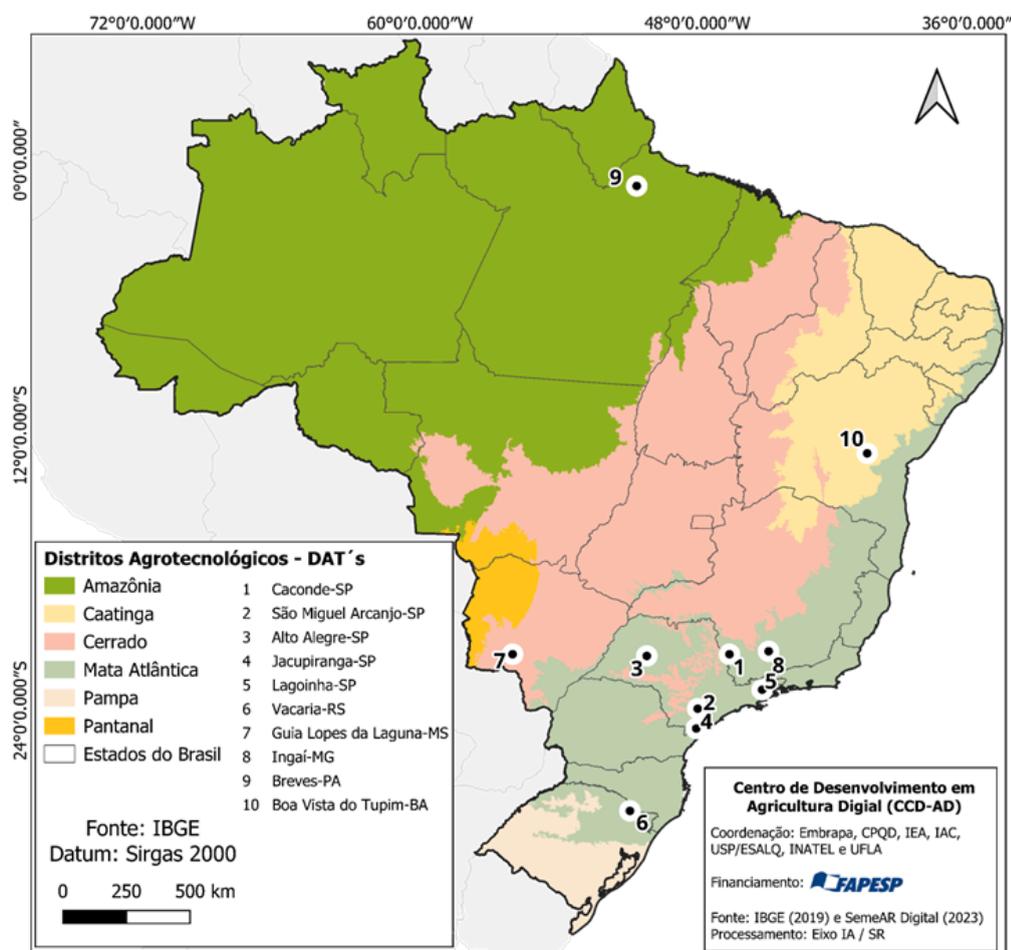


Figura 1 - Localização dos DATs

¹ Disponível em: <https://www.semeAR-digital.cnptia.embrapa.br/dats/>

Alto Alegre/SP

Dados Gerais²	
População (2022)	3.841 habitantes
Densidade demográfica	12,06 habitantes por quilômetro quadrado
PIB per capita (2021)	R\$ 27.853,08
Salário médio mensal dos trabalhadores formais (2022)	2,4 salários mínimos
População ocupada (2022)	42,72%
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM (2010)	0,700
Bioma (2019)	Mata Atlântica
Área territorial total (2022)	318,574 km ²
Área urbanizada (2019)	1,50 km ²
Dados Agropecuários (Censo 2017)³	
Produção de lavouras temporárias	182 estabelecimentos (12.144 hectares)
Horticultura e floricultura	12 estabelecimentos (dato não disponível)
Produção de lavouras permanentes	29 estabelecimentos (673 hectares)
Pecuária e criação de outros animais	242 estabelecimentos (9.587 hectares)
Produção florestal - florestas plantadas	3 estabelecimentos (dato não disponível)
Total	468 estabelecimentos (22.620 hectares)

Culturas e Criações³		
Lavoura permanente	Número de estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Unidades)	Área total das lavouras permanentes nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Hectares)
Amora (folha)	1	1
Banana	20	161
Borracha (látex coagulado)	4	109
Café arábica em grão (verde)	24	54
Carambola	2	1
Coco-da-baía	2	1
Lichia	4	8
Manga	1	1
Mamão	1	1

² Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/alto-alegre/panorama>

³ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/alto-alegre/pesquisa/24/76693>

Culturas e Criações (continuação)		
Lavoura temporária	Número de estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária (Unidades)	Área colhida (Hectares)
Abóbora, moranga, jerimum	2	1
Amendoim em casca	1	1
Batata-inglesa	1	1
Cana-de-açúcar	208	5.545
Feijão de cor em grão	2	1
Mandioca (aipim, macaxeira)	2	1
Melancia	5	18
Milho em grão	16	95
Sorgo vassoura	1	1
Cana forrageira	3	12
Milho forrageiro	8	38
Outros produtos	1	1
Espécie da pecuária	Número de estabelecimentos agropecuários com efetivo da pecuária (Unidades)	Número de cabeças (Cabeças)
Bovinos	305	17.739
Bubalinos	2	1
Equinos	28	82
Muare	4	5
Caprinos	6	59
Ovinos	4	22
Suínos	27	222
Galinhas, galos, frangas, frangos e pintos	34	1.609
Coelhos	1	1

Boa Vista do Tupim/BA

Dados Gerais⁴	
População (2022)	16.873 habitantes
Densidade demográfica	5,68 habitantes por quilômetro quadrado
PIB per capita (2021)	R\$ 8.399,59
Salário médio mensal dos trabalhadores formais (2022)	1,9 salários mínimos
População ocupada (2022)	7,32%
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM (2010)	0,551
Bioma (2019)	Caatinga
Área territorial total (2022)	2.972,10 km ²
Área urbanizada (2019)	4,68 km ²
Dados Agropecuários (Censo 2017)⁵	
Produção de lavouras temporárias	565 estabelecimentos (15.722 hectares)
Horticultura e floricultura	39 estabelecimentos (334 hectares)
Produção de lavouras permanentes	27 estabelecimentos (393 hectares)
Pecuária e criação de outros animais	1.865 estabelecimentos (180.583 hectares)
Produção florestal - florestas plantadas	26 estabelecimentos (4.987 hectares)
Produção florestal - florestas nativas	13 estabelecimentos (dado não disponível)
Aquicultura	1 estabelecimentos (dado não disponível)
Total	2.536 estabelecimentos (202.231 hectares)

Culturas e Criações⁵		
Lavoura permanente	Número de estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Unidades)	Área total das lavouras permanentes nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Hectares)
Banana	32	25
Caju (castanha)	4	2
Caju (fruto)	12	6
Coco-da-baía	2	1
Jaca	1	1
Mamão	3	1
Maracujá	1	1

⁴ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/boa-vista-do-tupim/panorama>

⁵ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/boa-vista-do-tupim/pesquisa/24/76693>

Culturas e Criações (continuação)		
Lavoura temporária	Número de estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária (Unidades)	Área colhida (Hectares)
Abacaxi	8	4
Abóbora, moranga, jerimum	112	58
Alho	1	1
Cana-de-açúcar	2	1
Cebola	2	1
Feijão de cor em grão	2	1
Feijão fradinho em grão	187	57
Feijão verde	300	117
Mamona	69	55
Mandioca (aipim, macaxeira)	199	122
Melancia	228	101
Melão	2	1
Milho em grão	234	149
Sorgo vassoura	1	1
Tomate rasteiro (industrial)	3	9
Forageiras para corte	14	38
Cana forrageira	4	1
Milho forrageiro	6	72
Palma forrageira	684	445
Outros produtos	2	1
Espécie da pecuária	Número de estabelecimentos agropecuários com efetivo da pecuária (Unidades)	Número de cabeças (Cabeças)
Bovinos	1.541	43.753
Equinos	1.076	3.122
Asininos	899	1.226
Muare	222	341
Caprinos	239	5.229
Ovinos	388	9.139
Suínos	712	3.628
Galinhas, galos, frangas, frangos e pintos	1.640	42.330
Patos, gansos, marrecos, perdizes e faisões	74	590
Perus	82	417
Avestruzes	2	1
Coelhos	3	1

Breves/PA

Dados Gerais⁶	
População (2022)	106.968 habitantes
Densidade demográfica	11,18 habitantes por quilômetro quadrado
PIB per capita (2021)	R\$ 8.562,43
Salário médio mensal dos trabalhadores formais (2022)	2,5 salários mínimos
População ocupada (2022)	9,38%
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM (2010)	0,503
Bioma (2019)	Amazônia
Área territorial total (2022)	9.566,57 km ²
Área urbanizada (2019)	9,32 km ²
Dados Agropecuários (Censo 2017)⁷	
Produção de lavouras temporárias	869 estabelecimentos (52.391 hectares)
Horticultura e floricultura	36 estabelecimentos (211 hectares)
Produção de lavouras permanentes	1.227 estabelecimentos (77.676 hectares)
Pecuária e criação de outros animais	59 estabelecimentos (1.358 hectares)
Produção florestal - florestas plantadas	32 estabelecimentos (2.048 hectares)
Produção florestal - florestas nativas	2.745 estabelecimentos (100.550 hectares)
Pesca	79 estabelecimentos (928 hectares)
Aquicultura	35 estabelecimentos (112 hectares)
Total	5.082 estabelecimentos (235.274 hectares)

Culturas e Criações⁷		
Lavoura permanente	Número de estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Unidades)	Área total das lavouras permanentes nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Hectares)
Açaí (fruto)	1.481	1
Agave, sisal (fibra)	-	13.142
Banana	49	-
Borracha (látex coagulado)	-	17
Cacau (amêndoa)	36	-
Café canephora (robusta, conilon) em grão (verde)	-	48
Caju (fruto)	1	-
Palmito	2	-
Pupunha (cacho frutos)	0	-
Cupuaçu	9	-

⁶ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/breves/panorama>

⁷ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/breves/pesquisa/24/76693>

Culturas e Criações (continuação)		
Lavoura temporária	Número de estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária (Unidades)	Área colhida (Hectares)
Abacaxi	120	8
Abóbora, moranga, jerimum	78	69
Algodão herbáceo	1	1
Arroz em casca	32	9
Batata-inglesa	2	1
Cana-de-açúcar	89	18
Cebola	8	0
Feijão preto em grão	2	1
Feijão de cor em grão	9	12
Feijão fradinho em grão	7	1
Feijão verde	6	1
Gergelim (semente)	1	1
Mandioca (aipim, macaxeira)	1.558	1.345
Melancia	89	13
Melão	1	1
Milho em grão	114	63
Cana forrageira	4	0
Milho forrageiro	10	2
Outros produtos	2	1
Toletes de cana-de-açúcar (produzidas para plantio)	1	1
Espécie da pecuária	Número de estabelecimentos agropecuários com efetivo da pecuária (Unidades)	Número de cabeças (Cabeças)
Bovinos	13	84
Bubalinos	1	1
Caprinos	1	1
Ovinos	1	1
Suínos	405	4924
Galinhas, galos, frangas, frangos e pintos	758	17.408
Patos, gansos, marrecos, perdizes e faisões	559	8.803
Perus	8	24

Caconde/SP

Dados Gerais⁸	
População (2022)	17.101 habitantes
Densidade demográfica	36,52 habitantes por quilômetro quadrado
PIB per capita (2021)	R\$ 30.182,07
Salário médio mensal dos trabalhadores formais (2022)	2,0 salários mínimos
População ocupada (2022)	32,63%
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM (2010)	0,720
Bioma (2019)	Mata Atlântica
Área territorial total (2022)	468,21 km ²
Área urbanizada (2019)	4,24 km ²
Dados Agropecuários (Censo 2017)⁹	
Produção de lavouras temporárias	42 estabelecimentos (1.083 hectares)
Horticultura e floricultura	18 estabelecimentos (139 hectares)
Produção de lavouras permanentes	883 estabelecimentos (20.669 hectares)
Produção de sementes e mudas certificadas	2 estabelecimentos (dado não disponível)
Pecuária e criação de outros animais	277 estabelecimentos (9.766 hectares)
Produção florestal - florestas plantadas	14 estabelecimentos (466 hectares)
Produção florestal - florestas nativas	1 estabelecimentos (dado não disponível)
Aquicultura	25 estabelecimentos (585 hectares)
Total	1.262 estabelecimentos (32.746 hectares)

Culturas e Criações⁹		
Lavoura permanente	Número de estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Unidades)	Área total das lavouras permanentes nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Hectares)
Abacate	1	1
Banana	22	10
Café arábica em grão (verde)	986	10.058
Figo	1	1
Goiaba	1	1
Laranja	2	1
Lichia	1	1
Limão	2	1
Manga	2	1
Maracujá	5	8
Tangerina, bergamota, Mexerica	2	1
Uva	3	3

⁸ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/caconde/panorama>

⁹ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/caconde/pesquisa/24/76693>

Culturas e Criações (continuação)		
Lavoura temporária	Número de estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária (Unidades)	Área colhida (Hectares)
Abacaxi	2	1
Abóbora, moranga, jerimum	3	1
Alho	1	1
Batata-inglesa	2	1
Cana-de-açúcar	16	185
Cebola	2	1
Feijão preto em grão	1	1
Feijão de cor em grão	17	22
Girassol (semente)	1	1
Mandioca (aipim, macaxeira)	7	5
Milho em grão	124	450
Tomate rasteiro (industrial)	2	1
Forrageiras para corte	18	137
Cana forrageira	9	14
Milho forrageiro	46	249
Outros produtos	1	1
Espécie da pecuária	Número de estabelecimentos agropecuários com efetivo da pecuária (Unidades)	Número de cabeças (Cabeças)
Bovinos	566	22.519
Bubalinos	2	1
Equinos	154	533
Asininos	4	13
Muare	26	48
Caprinos	4	72
Ovinos	7	311
Suínos	151	1.744
Galinhas, galos, frangas, frangos e pintos	243	94.297
Codornas	6	1.560
Patos, gansos, marrecos, perdizes e faisões	10	55
Perus	2	1
Coelhos	2	1

Guia Lopes da Laguna/MS

Dados Gerais¹⁰	
População (2022)	9.940 habitantes
Densidade demográfica	8,11 habitantes por quilômetro quadrado
PIB per capita (2021)	R\$ 37.345,58
Salário médio mensal dos trabalhadores formais (2022)	1,9 salários mínimos
População ocupada (2022)	16.64%
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM (2010)	0,675
Bioma (2019]	Cerrado
Área territorial total (2022)	1.225,42 km ²
Área urbanizada (2019)	4,7 km ²
Dados Agropecuários (Censo 2017)¹¹	
Produção de lavouras temporárias	110 estabelecimentos (16.180 hectares)
Horticultura e floricultura	5 estabelecimentos (17 hectares)
Produção de lavouras permanentes	5 estabelecimentos (56 hectares)
Pecuária e criação de outros animais	547 estabelecimentos (93.350 hectares)
Produção florestal - florestas plantadas	4 estabelecimentos (dado não disponível)
Aquicultura	1 estabelecimentos (dado não disponível)
Total	672 estabelecimentos (109.648 hectares)

Culturas e Criações¹¹		
Lavoura permanente	Número de estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Unidades)	Área total das lavouras permanentes nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Hectares)
Banana	7	4
Café arábica em grão (verde)	1	1
Caju (fruto)	1	1
Coco-da-baía	1	1
Goiaba	1	1
Manga	1	1
Mamão	1	1
Uva (mesa)	1	1
Outros produtos	1	1

¹⁰ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/guia-lopes-da-laguna/panorama>

¹¹ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/guia-lopes-da-laguna/pesquisa/24/76693>

Culturas e Criações (continuação)		
Lavoura temporária	Número de estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária (Unidades)	Área colhida (Hectares)
Abacaxi	8	2
Abóbora, moranga, jerimum	9	4
Batata-inglesa	1	1
Cana-de-açúcar	25	21
Feijão preto em grão	1	1
Feijão de cor em grão	3	1
Feijão fradinho em grão	2	1
Mandioca (aipim, macaxeira)	182	210
Melancia	6	8
Melão	2	1
Milho em grão	34	10.894
Soja em grão	23	12.027
Forageiras para corte	1	1
Cana forrageira	6	4
Milho forrageiro	1	1
Sorgo forrageiro	1	1
Outros produtos	1	1
Espécie da pecuária	Número de estabelecimentos agropecuários com efetivo da pecuária (Unidades)	Número de cabeças (Cabeças)
Bovinos	583	97.061
Bubalinos	4	305
Equinos	321	1.467
Asininos	1	1
Muare	2	1
Caprinos	35	1.028
Ovinos	82	2.754
Suínos	278	2.868
Galinhas, galos, frangas, frangos e pintos	386	23.741
Codornas	1	1
Patos, gansos, marrecos, perdizes e faisões	6	28
Perus	1	1

Ingai/MG

Dados Gerais¹²	
População (2022)	2.580 habitantes
Densidade demográfica	8.44 habitantes por quilômetro quadrado
PIB per capita (2021)	R\$ 41.544,77
Salário médio mensal dos trabalhadores formais (2022)	1,8 salários mínimos
População ocupada (2022)	23,02%
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM (2010)	0,697
Bioma (2019)	Mata Atlântica
Área territorial total (2022)	305,59 km ²
Área urbanizada (2019)	0,44 km ²
Dados Agropecuários (Censo 2017)¹³	
Produção de lavouras temporárias	56 estabelecimentos (6.168 hectares)
Horticultura e floricultura	2 estabelecimentos (dado não disponível)
Produção de lavouras permanentes	22 estabelecimentos (2.348 hectares)
Pecuária e criação de outros animais	150 estabelecimentos (11.439 hectares)
Produção florestal - florestas plantadas	5 estabelecimentos (1.338 hectares)
Aquicultura	1 estabelecimentos (dado não disponível)
Total	236 estabelecimentos (21.908 hectares)

Culturas e Criações¹³		
Lavoura permanente	Número de estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Unidades)	Área total das lavouras permanentes nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Hectares)
Abacate	1	1
Banana	2	1
Café arábica em grão (verde)	31	618
Goiaba	1	1
Palmito	2	1
Pêssego	0	1
Pitaia	1	1
Tangerina, bergamota, mexerica	1	1

¹² Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ingai/panorama>

¹³ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ingai/pesquisa/24/76693>

Culturas e Criações (continuação)		
Lavoura temporária	Número de estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária (Unidades)	Área colhida (Hectares)
Cana-de-açúcar	4	7
Feijão preto em grão	2	1
Feijão de cor em grão	18	639
Milho em grão	97	2.270
Soja em grão	11	939
Trigo em grão	2	1
Forageiras para corte	1	1
Cana forrageira	1	1
Milho forrageiro	121	1.571
Sorgo forrageiro	1	1
Espécie da pecuária	Número de estabelecimentos agropecuários com efetivo da pecuária (Unidades)	Número de cabeças (Cabeças)
Bovinos	189	16.331
Equinos	128	883
Muare	10	29
Caprinos	2	1
Ovinos	2	1
Suínos	91	668
Galinhas, galos, frangas, frangos e pintos	142	8.073
Codornas	2	1
Patos, gansos, marrecos, perdizes e faisões	12	244
Perus	4	24
Avestruzes	1	1

Jacupiranga/SP

Dados Gerais¹⁴	
População (2022)	16.097 habitantes
Densidade demográfica	22,86 habitantes por quilômetro quadrado
PIB per capita (2021)	R\$ 29.651,56
Salário médio mensal dos trabalhadores formais (2022)	2,1 salários mínimos
População ocupada (2022)	24,99%
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM (2010)	0,717
Bioma (2019)	Mata Atlântica
Área territorial total (2022)	704,18 km ²
Área urbanizada (2019)	3,51 km ²
Dados Agropecuários (Censo 2017)¹⁵	
Produção de lavouras temporárias	52 estabelecimentos (866 hectares)
Horticultura e floricultura	17 estabelecimentos (437 hectares)
Produção de lavouras permanentes	238 estabelecimentos (10.485 hectares)
Pecuária e criação de outros animais	142 estabelecimentos (8.969 hectares)
Produção florestal - florestas plantadas	12 estabelecimentos (dato não disponível)
Produção florestal - florestas nativas	42 estabelecimentos (1.170 hectares)
Aquicultura	2 estabelecimentos (dato não disponível)
Total	505 estabelecimentos (23.000 hectares)

Culturas e Criações¹⁵		
Lavoura permanente	Número de estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Unidades)	Área total das lavouras permanentes nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Hectares)
Banana	221	3.305
Café arábica em grão (verde)	2	1
Coco-da-baía	2	1
Goiaba	1	1
Jabuticaba	1	1
Lichia	3	6
Limão	1	1
Mamão	1	1
Maracujá	19	43
Palmito	93	9.000
Urucum (semente)	1	1
Pupunha (cacho frutos)	1	1
Outros produtos	1	1

¹⁴ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/jacupiranga/panorama>

¹⁵ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/jacupiranga/pesquisa/24/76693>

Culturas e Criações (continuação)		
Lavoura temporária	Número de estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária (Unidades)	Área colhida (Hectares)
Abacaxi	3	1
Abóbora, moranga, jerimum	6	2
Arroz em casca	1	1
Batata-inglesa	1	1
Cana-de-açúcar	16	4
Feijão preto em grão	1	1
Feijão de cor em grão	17	11
Feijão fradinho em grão	6	3
Mandioca (aipim, macaxeira)	74	49
Melancia	1	1
Milho em grão	40	19
Milho forrageiro	2	1
Espécie da pecuária	Número de estabelecimentos agropecuários com efetivo da pecuária (Unidades)	Número de cabeças (Cabeças)
Bovinos	88	5.770
Bubalinos	6	249
Equinos	24	68
Muare	3	1
Caprinos	8	166
Ovinos	1	1
Suínos	40	274
Galinhas, galos, frangas, frangos e pintos	161	6.997
Patos, gansos, marrecos, perdizes e faisões	21	237
Coelhos	1	1

Lagoinha/SP

Dados Gerais¹⁶	
População (2022)	5.083 habitantes
Densidade demográfica	19,90 habitantes por quilômetro quadrado
PIB per capita (2021)	R\$ 15.150,97
Salário médio mensal dos trabalhadores formais (2022)	1,7 salários mínimos
População ocupada (2022)	34,37%
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM (2010)	0,693
Bioma (2019)	Mata Atlântica
Área territorial total (2022)	255,47 km ²
Área urbanizada (2019)	1,62 km ²
Dados Agropecuários (Censo 2017)¹⁷	
Produção de lavouras temporárias	28 estabelecimentos (1.068 hectares)
Horticultura e floricultura	5 estabelecimentos (28 hectares)
Produção de lavouras permanentes	2 estabelecimentos (dado não disponível)
Pecuária e criação de outros animais	206 estabelecimentos (10.689 hectares)
Produção florestal - florestas plantadas	15 estabelecimentos (1.216 hectares)
Aquicultura	1 estabelecimentos (dado não disponível)
Total	257 estabelecimentos (13.028 hectares)

Culturas e Criações¹⁷		
Lavoura permanente	Número de estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Unidades)	Área total das lavouras permanentes nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Hectares)
Banana	2	1
Tangerina, bergamota, mexerica	3	7

¹⁶ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/lagoinha/panorama>

¹⁷ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/lagoinha/pesquisa/24/76693>

Culturas e Criações (continuação)		
Lavoura temporária	Número de estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária (Unidades)	Área colhida (Hectares)
Abóbora, moranga, jerimum	2	1
Cana-de-açúcar	4	10
Cebola	1	1
Feijão preto em grão	1	1
Feijão de cor em grão	16	14
Feijão fradinho em grão	2	1
Mandioca (aipim, macaxeira)	5	2
Milho em grão	22	160
FORAGEIRAS PARA CORTE	114	310
Cana forrageira	75	156
Milho forrageiro	70	252
Espécie da pecuária	Número de estabelecimentos agropecuários com efetivo da pecuária (Unidades)	Número de cabeças (Cabeças)
Bovinos	218	11.395
Equinos	51	259
Muare	7	11
Caprinos	3	1
Ovinos	10	262
Suínos	34	188
Galinhas, galos, frangas, frangos e pintos	61	2.584
Codornas	1	1
Patos, gansos, marrecos, perdizes e faisões	7	49
Perus	2	1
Coelhos	3	620

São Miguel Arcanjo/SP

Dados Gerais¹⁸	
População (2022)	32.039 habitantes
Densidade demográfica	34,44 habitantes por quilômetro quadrado
PIB per capita (2021)	R\$ 28.853,83
Salário médio mensal dos trabalhadores formais (2022)	1,8 salários mínimos
População ocupada (2022)	30,07%
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM (2010)	0,710
Bioma (2019)	Mata Atlântica
Área territorial total (2022)	930,33 km ²
Área urbanizada (2019)	5,69 km ²
Dados Agropecuários (Censo 2017)¹⁹	
Produção de lavouras temporárias	156 estabelecimentos (26.424 hectares)
Horticultura e floricultura	711 estabelecimentos (3.105 hectares)
Produção de lavouras permanentes	632 estabelecimentos (6.874 hectares)
Pecuária e criação de outros animais	339 estabelecimentos (13.529 hectares)
Produção florestal - florestas plantadas	77 estabelecimentos (dado não disponível)
Aquicultura	1 estabelecimentos (dado não disponível)
Total	1.916 estabelecimentos (75.866 hectares)

Culturas e Criações¹⁹		
Lavoura permanente	Número de estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Unidades)	Área total das lavouras permanentes nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Hectares)
Abacate	2	1
Ameixa	30	129
Atemoia	16	46
Banana	8	27
Caqui	88	477
Chá-da-Índia	2	1
Goiaba	8	4
kiwi	2	1
Laranja	4	501
Lichia	18	161
Limão	5	5
Maçã	3	13
Maracujá	126	94
Nectarina	5	4

¹⁸ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-miguel-arcanjo/panorama>

¹⁹ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-miguel-arcanjo/pesquisa/24/76693>

Culturas e Criações (continuação)		
Lavoura permanente	Número de estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Unidades)	Área total das lavouras permanentes nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Hectares)
Nêspera	64	59
Pera	6	15
Pêssego	35	69
Pitaia	12	10
Romã	2	1
Tangerina, bergamota, mexerica	50	320
Uva (mesa)	597	1.610
Uva (vinho ou suco)	17	51
Outros produtos	4	3
Lavoura temporária	Número de estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária (Unidades)	Área colhida (Hectares)
Abóbora, moranga, jerimum	30	66
Alho	1	1
Amendoim em casca	1	1
Aveia branca em grão	1	1
Batata-inglesa	11	561
Cana-de-açúcar	3	3
Cebola	3	0
Cevada em casca	1	1
Ervilha em grão	3	0
Feijão de cor em grão	46	1.554
Feijão fradinho em grão	2	1
Feijão verde	1	1
Mandioca (aipim, macaxeira)	9	1
Melancia	3	8
Melão	1	1
Milho em grão	137	7.774
Soja em grão	80	10.975
Trigo em grão	33	3.949
FORAGEIRAS PARA CORTE	14	111
Cana forrageira	24	23
Milho forrageiro	20	134
Outros produtos	8	212

Culturas e Criações (continuação)		
Espécie da pecuária	Número de estabelecimentos agropecuários com efetivo da pecuária (Unidades)	Número de cabeças (Cabeças)
Bovinos	398	17.024
Bubalinos	88	2.451
Equinos	203	775
Asininos	6	8
Muare	37	68
Caprinos	21	176
Ovinos	21	793
Suínos	135	3.187
Galinhas, galos, frangas, frangos e pintos	439	99.448
Codornas	6	1
Patos, gansos, marrecos, perdizes e faisões	51	399
Perus	10	50
Coelhos	3	1

Vacaria/RS

Dados Gerais²⁰	
População (2022)	64.197 habitantes
Densidade demográfica	30,22 habitantes por quilômetro quadrado
PIB per capita (2021)	R\$ 48.503,58
Salário médio mensal dos trabalhadores formais (2022)	2,0 salários mínimos
População ocupada (2022)	34,12%
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM (2010)	0,721
Bioma (2019)	Mata Atlântica
Área territorial total (2022)	2.124,49 km ²
Área urbanizada (2019)	23,59 km ²
Dados Agropecuários (Censo 2017)²¹	
Produção de lavouras temporárias	265 estabelecimentos (79.492 hectares)
Horticultura e floricultura	33 estabelecimentos (338 hectares)
Produção de lavouras permanentes	164 estabelecimentos (17.330 hectares)
Produção de sementes e mudas certificadas	2 estabelecimentos (dado não disponível)
Pecuária e criação de outros animais	541 estabelecimentos (41.752 hectares)
Produção florestal - florestas plantadas	27 estabelecimentos (8.026 hectares)
Produção florestal - florestas nativas	7 estabelecimentos (dado não disponível)
Total	1.039 estabelecimentos (149.102 hectares)

Culturas e Criações²¹		
Lavoura permanente	Número de estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Unidades)	Área total das lavouras permanentes nos estabelecimentos agropecuários com 50 pés e mais (Hectares)
Ameixa	8	14
Amora (fruto)	78	77
Caqui	3	12
Figo	1	1
Goiaba	1	1
kiwi	1	1
Maçã	95	7.576
Noz (europeia, pecã)	3	8
Pera	7	26
Pêssego	10	15
Uva (mesa)	5	19
Uva (vinho ou suco)	47	182
Outros produtos	21	16

²⁰ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/vacaria/panorama>

²¹ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/vacaria/pesquisa/24/76693>

Culturas e Criações (continuação)		
Lavoura temporária	Número de estabelecimentos agropecuários com lavoura temporária (Unidades)	Área colhida (Hectares)
Abóbora, moranga, jerimum	24	13
Alho	12	96
Amendoim em casca	3	5
Aveia branca em grão	13	732
Batata-inglesa	9	124
Cebola	26	22
Centeio em grão	2	1
Cevada em casca	2	1
Feijão preto em grão	132	1.060
Feijão de cor em grão	13	1.957
Feijão fradinho em grão	2	1
Mandioca (aipim, macaxeira)	29	5
Melancia	6	2
Milho em grão	261	12.351
Soja em grão	208	35.391
Trigo em grão	35	6.397
Milho forrageiro	2	1
Sementes de milho (produzidas para plantio)	1	1
Sementes de soja (produzidas para plantio)	1	1
Espécie da pecuária	Número de estabelecimentos agropecuários com efetivo da pecuária (Unidades)	Número de cabeças (Cabeças)
Bovinos	724	46.361
Bubalinos	1	1
Equinos	408	1.731
Muares	5	7
Caprinos	3	1
Ovinos	178	4.351
Suínos	222	5.196
Galinhas, galos, frangas, frangos e pintos	404	554.802
Codornas	5	46
Patos, gansos, marrecos, perdizes e faisões	24	400
Perus	4	25
Coelhos	1	1

