



Alimentando o Futuro: Ciência, Tecnologia e Inovação para Segurança Alimentar no Brasil

Dirce Maria Lobo Marchioni - Marcelo Cândido da Silva -
Silvia Helena Galvão de Miranda - Antonio Mauro Saraiva -
Alexandre Cláudio Botazzo Delbem - Betzabeth Slater Villar -
Alisson Diego Machado - Katia Maria Pacheco dos Santos -
Joice Genaro Gomes - Aline Rissatto Teixeira

RELAI



Alimentando o Futuro: Ciência, Tecnologia e Inovação para Segurança Alimentar no Brasil

POSITION PAPER (BID/INCT COMBATE À FOME)

AUTORES

Dirce Maria Lobo Marchioni, Marcelo Cândido da Silva, Sílvia Helena Galvão de Miranda, Antonio Mauro Saraiva, Alexandre Cláudio Botazzo Delbem, Betzabeth Slater Villar, Alisson Diego Machado, Katia Maria Pacheco dos Santos, Joice Genaro Gomes, Aline Rissatto Teixeira.

COORDENAÇÃO

Vanderleia Radaell

Especialista Líder da Divisão de Competitividade, Tecnologia e Inovação do BID.

COLABORAÇÃO

Alison Cathles

Especialista da Divisão de Competitividade, Tecnologia e Inovação do BID.

Nathália Amarante Pufal

Consultora da Divisão de Competitividade, Tecnologia e Inovação do BID.



Biografia dos autores

Dirce Maria Lobo Marchioni (Professora Titular – USP)

Professora Titular na Universidade de São Paulo, graduada em Nutrição, com mestrado e doutorado em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo, e pós-doutorado pela Fiocruz e Imperial College London. Tem experiência em epidemiologia nutricional, consumo alimentar e segurança alimentar. É coordenadora do INCT Combate à Fome, do CNPq.

<https://orcid.org/0000-0002-6810-5779>

Marcelo Cândido da Silva (Professor Titular - USP)

Professor Titular na Universidade de São Paulo, possui graduação e mestrado em História pela Universidade Federal de Minas Gerais e doutorado em História pela Université Lumière Lyon 2, com pós-doutorado na Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Tem experiência na área de história da fome e das respostas sociais às crises nas sociedades pré-modernas. É professor do Departamento de História da Universidade de São Paulo e vice-coordenador do INCT Combate à Fome, do CNPq.

<https://orcid.org/0000-0003-3078-1138>

Silvia Helena Galvão de Miranda (Professora Titular - USP)

Professora Titular na Universidade de São Paulo, na Esalq, graduada em Engenharia Agrônoma (Esalq-USP), com mestrado e doutorado em Economia Aplicada pela USP. É pesquisadora do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), do INCT Combate à Fome e é responsável pelo Centro de Colaboração em Economia da Saúde Animal para as Américas da OMSA, no Brasil. Tem experiência na área de economia agroindustrial, economia internacional, meio ambiente e defesa agropecuária.

<https://orcid.org/0000-0003-0935-8917>

Antonio Mauro Saraiva (Professor Titular - USP)

Professor Titular na Universidade de São Paulo, graduado em Engenharia Elétrica (Poli-USP) e em Engenharia Agrônoma (Esalq-USP) com mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica pela USP. Foi Pró-Reitor adjunto de Pesquisa (2014-2015). Tem experiência em pesquisas e times multidisciplinares em computação aplicada à agricultura, meio ambiente, biodiversidade e saúde. É coordenador do Saúde Planetária Brasil, no Instituto de Estudos Avançados da USP, pesquisador principal do Centro de Inteligência Artificial, C4AI-AgriBio, USP/IBM/FAPESP, e pesquisador do INCT Combate à Fome.

<https://orcid.org/0000-0003-2283-1123>



Alexandre Cláudio Botazzo Delbem (Professor Titular - USP)

Professor Titular na Universidade de São Paulo (ICMC-USP) e bolsista produtividade 1C do CNPq. Investiga soluções computacionais para análise ou projeto envolvendo problemas do mundo real que podem ser modelados como sistemas ciber-físicos, desenvolvimento de software e de hardware para lidar de forma computacionalmente eficiente com alguns desafios inerentes aos sistemas complexos. É membro do INCT Combate à Fome.

<https://orcid.org/0000-0003-1810-1742>

Betzabeth Slater Villar (Professora Associada - USP)

Professora Associada na Universidade de São Paulo, graduada em Nutrição pela Universidade Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Peru. Possui mestrado em Nutrição Humana Aplicada pela Universidade de São Paulo e doutorado em Saúde Pública pela mesma instituição. Investiga nova linha de pesquisa avaliando os cardápios, gestão, formação de professores e o Programa Nacional de Alimentação Escolar, agricultura familiar, desenvolvimento de instrumentos de avaliação da qualidade da dieta e de habilidades culinárias. É membro do INCT Combate à Fome.

<https://orcid.org/0000-0003-2511-1770>

Alisson Diego Machado (Professor Doutor - USP)

Nutricionista pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Mestre e doutor em Ciências pela Faculdade de Medicina da USP, com pós-doutorado pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Atualmente, é professor doutor na Faculdade de Saúde Pública da USP. Atua em nutrição clínica e temas relacionados à segurança alimentar e sistemas alimentares sustentáveis. É membro do INCT Combate à Fome.

<https://orcid.org/0000-0002-1564-5405>

Katia Maria Pacheco dos Santos

(Pós-doutoranda - USP, Pesquisadora e Consultora Autônoma)

Engenheira agrônoma, com pós-doutorado pela Esalq-USP na área de segurança alimentar e políticas públicas de combate à fome. Atua há mais de 20 anos com a pauta socioambiental e desenvolvimento rural. Atuou como docente nos cursos superiores de Engenharia Agrônoma na Universidade de Brasília, na Universidade Estadual do Mato Grosso e na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Foi gestora de unidades de conservação no estado de São Paulo e gestora municipal de Agricultura e Meio Ambiente. É membro do INCT Combate à Fome.

<https://orcid.org/0000-0003-2942-6745>



Joice Genaro Gomes (Pós-doutoranda - USP)

É arquiteta e urbanista pela PUC-Campinas, e mestra e doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP). Faz pós-doutorado na Esalq-USP, especializando áreas de vulnerabilidade à insegurança alimentar a partir de grandes bases de dados e considerando as múltiplas dimensões do ambiente habitado. É membro do INCT Combate à Fome.

<https://orcid.org/0000-0003-1535-0583>

Aline Rissatto Teixeira (Professora Doutora - USP)

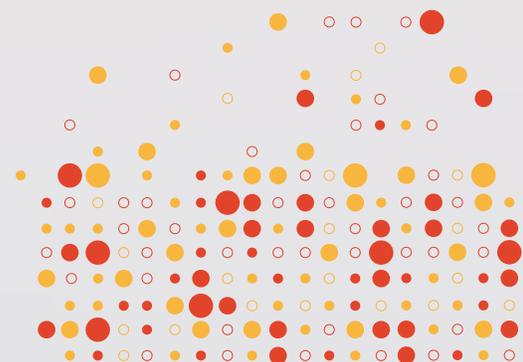
Nutricionista e gastróloga (Centro Universitário São Camilo), pós-graduada em Cozinha Brasileira (Centro Universitário Senac), certificada pela Escola de Gastronomia Le Cordon Bleu Paris pelo curso de aprimoramento em Cuisine e Patisserie. É doutora em Ciências pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP-USP), e é professora doutora da mesma instituição. Atua em temas relacionados a habilidades culinárias, gestão de serviços de alimentação, segurança alimentar e nutricional e sistemas alimentares. É membro do INCT Combate à Fome.

<https://orcid.org/0000-0002-8987-2838>



Conteúdo

Biografia dos autores	iii
Sumário Executivo	1
1 • Contexto	5
2 • Ciência, Tecnologia e Inovação para segurança alimentar	8
2.1 • Disponibilidade: CT&I para produção e distribuição de alimentos saudáveis com produção sustentável e justiça social	8
2.2 • Acesso: CT&I para acesso a alimentos saudáveis e sadios, como direito humano à alimentação adequada	26
2.3 • Utilização: CT&I para utilização dos recursos naturais para assegurar a segurança alimentar e o desenvolvimento econômico	35
2.4 • Estabilidade: CT&I garantindo que as famílias tenham segurança alimentar em todos os momentos	40
3 • Recomendações finais	48
Referências	51
Anexo A	57





Sumário Executivo

A segurança alimentar é alcançada quando todas as pessoas, em todos os momentos, têm acesso físico e econômico a alimentos suficientes, seguros e nutritivos que satisfaçam as suas necessidades nutricionais e preferências alimentares, para uma vida ativa e saudável. Nesse sentido, de acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), quatro dimensões se destacam: **disponibilidade** (presença dos alimentos), **acesso** (físico ou econômico aos alimentos), **utilização** (consumo adequado, sanidade, diversidade, acesso à água potável) e **estabilidade** (presença em todos os momentos). A segurança alimentar se refere, ainda, a erradicar todas as formas de má nutrição (desnutrição, deficiência de micronutrientes e obesidade). Portanto, não se restringe apenas à produção e ao consumo de alimentos, mas também diz respeito a todos os processos relacionados à alimentação, denominados de sistemas alimentares. Para a construção de sistemas alimentares saudáveis e sustentáveis, que promovam a saúde humana e respeitem os limites do planeta, são necessárias ações, programas e políticas públicas que articulem as diversas partes desse ambiente complexo, que envolve desde a produção de alimentos, passando pela sua distribuição e comercialização, até o consumo e descarte.

Desafios presentes nas quatro dimensões da segurança alimentar

Neste documento, são apresentados os desafios existentes em função dessas quatro dimensões da segurança alimentar. Para além dos desafios, apresentam-se também, suportado por exemplos concretos, as necessidades associadas a cada uma dessas dimensões, nas quais a Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) tem um papel fundamental. Muitos desses desafios, apresentados sumariamente abaixo, configuram também oportunidades que podem apoiar o desenvolvimento dos países da América Latina e Caribe (ALC) de modo sustentável, evidenciando a contribuição da região para uma mudança de paradigma global.

I) Disponibilidade: Acesso à água de qualidade para consumo humano e produção agrícola; coleta, tratamento e reaproveitamento das águas residuais; acesso à energia elétrica; acesso à modais de transporte para apoio à agricultura; acesso à internet e conectividade adequadas; apoio à produção agrícola e ao empreendedorismo para geração de renda; promoção de mecanismos, processos e estruturas para organização da produção na agricultura familiar; apoio à comercialização da produção agrícola familiar e de comunidades tradicionais; apoio a ações que visem o desenvolvimento de ferramentas e metodologias de análise de sustentabilidade de cadeias produtivas e/ou produtos, especialmente da agricultura familiar e de pequeno porte.



II) Acesso: Acesso à renda; acesso a alimentos in natura, nutritivos e diversos, oriundos da cultura regional e da sociobiodiversidade; apoio à diversificação de produtos e desenvolvimento de segmentos de mercado; apoio à manutenção, fortalecimento e aprimoramento de programas relacionados à segurança alimentar (alimentação escolar, programa de aquisição de alimentos, bancos de alimentos, restaurantes e cozinhas populares).

III) Utilização: Apoio e estímulo a escolhas individuais para uma alimentação saudável e sustentável; superação da falta de informação sobre alimentos saudáveis/disseminação de conhecimento de alimentos nutritivos; fomento ao aprendizado de habilidades culinárias com foco no uso de alimentos da biodiversidade e de preparações saudáveis e sustentáveis; identificação e localização das pessoas em situação de maior vulnerabilidade e insegurança alimentar; diminuição do desperdício de alimentos e estímulo à economia circular.

IV) Estabilidade: Superação da ausência de dados para apoiar a produção e tomada de decisão; dissociação da produção agrícola da degradação do ecossistema; fortalecimento do sistema institucional (institutos tecnológicos e centros de P&D).

O papel da Ciência, Tecnologia e Inovação na superação dos desafios para a realização da segurança alimentar

São pilares fundamentais para aprimorar a segurança alimentar: A promoção da pesquisa científica básica e tecnológica e a modernização e ampliação da infraestrutura de CT&I como um pacto geopolítico ALC; O aumento dos financiamentos públicos e privados para o desenvolvimento da CT&I de segurança alimentar e; A formação, atração e fixação de recursos humanos com foco em segurança alimentar nos centros de ensino e pesquisa. Entretanto, tais pilares somente poderão ser alicerçados por meio de ações públicas e privadas de recuperação ou fortalecimento da infraestrutura de pesquisa de universidades e demais institutos de ciência e tecnologia. Políticas de fortalecimento do sistema de CT&I são essenciais, tanto de um ponto de vista mais amplo quanto no que se refere mais precisamente à segurança alimentar.

Além disso, para o desenvolvimento sustentável e a qualidade de condições de vida para a população da ALC, é necessário o investimento em infraestrutura urbana, periurbana e rural, com grande aplicação de recursos inovadores (como o uso de Inteligência Artificial e da ciência de dados) nas dimensões do segurança alimentar propostas pela FAO (disponibilidade, acesso, utilização e estabilidade).

São elencados, a seguir, alguns dos pontos fundamentais para responder aos desafios da CT&I para a promoção da segurança alimentar na ALC:



a) Estrutura de P&D

- Criação ou fortalecimento da estrutura de P&D nos níveis nacionais e regionais, para dar suporte a aplicações de CT&I para superar problemas específicos e coordenação logística;
- Indução da formação de redes de pesquisa e colaboração, transdisciplinares, voltadas à missão, e que tenham, além de desenvolvimento de pesquisa, o compromisso de transferência tecnológica para a sociedade e formação de capital humano.

b) Difusão e adoção de tecnologia

- A difusão para adoção de novas tecnologias é um ponto fundamental. Há um esforço no desenvolvimento, mas é necessário que sejam feitas ações para disseminação e adoção;
- Apoiar o desenvolvimento de tecnologias de baixa intensidade que provaram ser eficazes, que podem ser mais facilmente divulgadas e de fácil utilização, como é o programa de cisternas brasileiras, exemplificado no texto;
- O acesso à internet de qualidade, com conexão estável, é um ponto fundamental para as atividades da cadeia de valor. Muitas etapas se beneficiam de recursos que utilizam a internet, desde a gestão da produção até a logística e comercialização. Além do acesso, a capacitação para o uso desta tecnologia deve ser considerada;
- Formação de capacidades técnicas com aporte de recursos e implementação de estrutura para tanto. Engloba a formação dos produtores agrícolas, em particular os agricultores familiares e de pequeno porte, tanto para a incorporação de tecnologias inovadoras na agricultura quanto para a gestão, fortemente apoiadas pela Inteligência Artificial e ciência de dados, mas também a formação de técnicos para disseminação das tecnologias e capacitação para seu uso.

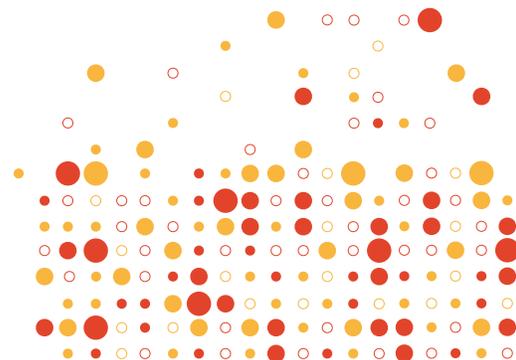
c) Coordenação institucional entre agentes públicos

- É fundamental a articulação entre as várias agências e políticas públicas, a colaboração ativa entre as várias esferas de governo e setores privados e da sociedade civil, para a difusão e incorporação de tecnologias, sejam de baixa ou alta complexidade, incluindo as tecnologias sociais;
- Necessidade de apoio para fortalecer o sistema institucional para desenvolvimento da CT&I (através de institutos tecnológicos e centros de P&D) na ALC.

Percebe-se que existem muitas oportunidades e desafios para o desenvolvimento das atividades necessárias para a segurança alimentar na ALC. A solução para tal problema é complexa e demanda vontade política e articulação entre os vários setores da sociedade. Entretanto, tais esforços não seriam inéditos. O enfrentamento da pandemia mostrou como a ciência pode ser mobilizada para a solução de problemas e, no contexto atual, pode (e deve) ser mobilizada para o enfrentamento da grave situação de fome e insegurança alimentar, que corrói vidas, destrói o potencial humano e compromete o futuro da sociedade.



Cabe ressaltar que alguns temas não foram abordados, mas não são menos importantes: a garantia ao acesso à saúde; o papel da comunicação; a identificação dos gargalos na implementação das políticas públicas; a governança dos diversos programas executados por diferentes agências e em diferentes níveis (municipais, estaduais, federais); avaliação dos programas e correção de rumos; a transparência na definição e condução de políticas públicas, entre outros. Entretanto, não foi nossa pretensão, neste texto, esgotar o assunto ou elencar os desafios segundo sua prioridade. Na verdade, buscou-se mostrar a amplitude, a complexidade e as oportunidades dentro de cada dimensão da segurança alimentar, inspirando a reflexão e demonstrando as potencialidades de aplicação da Ciência, Tecnologia e Inovação.





1. Contexto

O conceito de segurança alimentar evoluiu nos últimos trinta anos, com reflexos sobre a elaboração de políticas públicas. A seguinte definição, proposta pela Cúpula Mundial da Alimentação, em 1996, é amplamente aceita:

A segurança alimentar existe quando todas as pessoas, em todos os momentos, têm acesso físico e econômico a alimentos suficientes, seguros e nutritivos que satisfaçam as suas necessidades dietéticas e preferências alimentares para uma vida ativa e vida saudável (Cúpula Mundial Da Alimentação, 1996).

Anterior a isso, entretanto, a segurança alimentar já fora compreendida como um direito humano básico, como consta na Declaração dos Direitos Humanos das Nações Unidas, de 1948 (ONU, 1948). Mais recentemente, tal compreensão foi expandida, considerando a segurança alimentar como realização do Direito Humano à Alimentação Adequada. Nesse aspecto, envolve não só o acesso a uma dieta saudável e sustentável, mas que esteja de acordo com a cultura e tradição de cada povo. Logo, a segurança alimentar se refere ter acesso a uma alimentação segura, nutritiva e suficiente para erradicar todas as formas de má nutrição. Não se restringe, portanto, apenas à produção e ao consumo de alimentos, abrangendo também todas as etapas das atividades conduzidas, como transporte, distribuição e venda, no que se passou a denominar de sistemas alimentares (HLPE, 2017).

Assim, a insegurança alimentar não é um mero resultado da escassez de alimentos, mas sim uma construção social e política. Embora a insegurança alimentar seja um problema enfrentado pela maior parte do planeta, os países da América Latina e Caribe (ALC) têm prevalências superiores à média mundial (FAO et al., 2023a), com uma distribuição interna bastante desigual. Enquanto a prevalência de insegurança alimentar moderada e grave foi de 14,1% no Uruguai e de 15,9% na Costa Rica, entre 2019-2021, atingiu 55,8% da população guatemalteca e 82,5% dos haitianos (FAO, 2021).

Para além disso, a situação se torna ainda mais alarmante. Há, em curso, três graves ameaças globais à saúde e à sobrevivência humana: as pandemias de desnutrição, de obesidade (e sua relação com o desenvolvimento de Doenças Crônicas Não Transmissíveis – DCNT) e as mudanças climáticas. Tais ameaças, que estão interligadas, constituem uma sindemia global. Antes vistas como condições divergentes e isoladas entre si, essas têm sido reconhecidas como fatores sinérgicos que coexistem no tempo e no espaço e compartilham determinantes sociais comuns



em escala global. Além disso, partilham interações nos campos biológico, social e psicológico (Swinburn et al., 2019).

Ampliando ainda mais o escopo dessas complexas interrelações, a abordagem de Saúde Planetária (Whitmee et al., 2015) traz uma visão abrangente e sistêmica da degeneração dos sistemas naturais pela ação humana e suas consequências para a saúde e sobrevivência dos humanos e de todos os seres vivos. A São Paulo Declaration on Planetary Health (Myers; Pivot; Saraiva, 2021) destaca que os sistemas alimentares, além de desempenharem um papel central para chegarmos a esse quadro, são decisivos para o futuro, uma vez que as escolhas que forem feitas, sejam em termos dos sistemas de produção empregados ou das dietas adotadas pelas pessoas, poderão influenciar a conjuntura futura.

Embora existam metas globais para a erradicação da fome e fortalecimento de sistemas alimentares sustentáveis, tais como aquelas expressas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), e mais de 150 países tenham se comprometido com sistemas alimentares sustentáveis e equitativos na Cúpula de Sistemas Alimentares das Nações Unidas em 2021, essas metas podem ser mais amplas e ousadas. Todos os países precisam construir planos de ação eficientes, com metas claras que possam ser monitoradas e avaliadas. A Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) são indispensáveis nessa construção, e os governos têm papel fundamental para o seu fomento nos seguintes aspectos: incentivando e estabelecendo um ambiente propício à inovação e ao empreendedorismo de base tecnológica; fornecendo bens públicos complementares, como conhecimento científico e capital humano qualificado; e direcionando o desenvolvimento científico e tecnológico para inovações que contribuam para reduzir e mitigar as ameaças globais anteriormente mencionadas.

A partir desse cenário e suportado pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), podem ser identificadas e definidas as quatro dimensões principais da segurança alimentar (CFS, 2014):

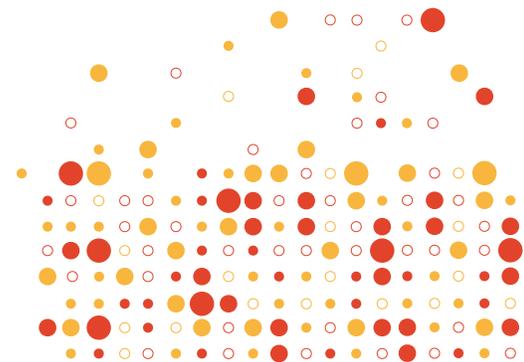
I. Disponibilidade: Diz respeito a disponibilidade potencial ou real dos alimentos, incluindo aspectos de produção, reservas de alimentos, mercados e transporte e alimentos silvestres.

II. Acesso: Avalia se as famílias e os indivíduos têm ou não acesso físico e econômico suficiente a esses alimentos, partindo do pressuposto da disponibilidade acima mencionada.

III. Utilização: Uma vez que os alimentos estejam disponíveis e as famílias tenham acesso adequado a eles, a próxima questão é se elas maximizam adequadamente ou não o consumo de nutrientes e de energia. A ingestão suficiente de energia e nutrientes pelos indivíduos é o resultado de boas práticas de cuidado e alimentação, preparo dos alimentos, diversidade alimentar, distribuição intradomiciliar de alimentos e acesso à água potável, saneamento e cuidados de saúde. Combinado com o bom aproveitamento biológico dos alimentos consumidos, isso determina o estado nutricional dos indivíduos.



IV. Estabilidade: Se as dimensões de disponibilidade, acesso e utilização forem suficientemente satisfeitas, a estabilidade é a condição na qual todo o sistema é estável, garantindo que as famílias tenham segurança alimentar em todos os momentos. As questões de estabilidade podem referir-se à instabilidade de curto prazo (que pode levar à insegurança alimentar aguda) ou instabilidade em médio e longo prazo (que pode levar à insegurança alimentar crônica). Fatores climáticos, econômicos, sociais e políticos podem ser fontes de instabilidade.





2 • Ciência, Tecnologia e Inovação para segurança alimentar

Nesta seção são apresentados, em função de cada uma das quatro dimensões da segurança alimentar definidas, os desafios identificados, as necessidades que podem ser alvo de ações alavancadas pela CT&I, bem como a exemplificação da aplicação da CT&I por meio de casos. Destaca-se que o recorte é a região da ALC, que possui características comuns do ponto de vista histórico-cultural, ambiental e de desenvolvimento.

2.1 • Disponibilidade: CT&I para produção e distribuição de alimentos saudáveis com produção sustentável e justiça social

A disponibilidade de alimentos é um pilar fundamental para a garantia da segurança alimentar e nutricional, e se refere à presença física de alimentos em quantidade e qualidade suficientes. No contexto da CT&I, foram elencados no Quadro 1 quais são as *ações mais emergentes, na ALC, para ao alcance dessa dimensão*.



QUADRO 1 • DESAFIOS E NECESSIDADE DE AÇÕES APOIADAS PELA CT&I PARA A DISPONIBILIDADE

DESAFIO	NECESSIDADE DE AÇÕES APOIADAS PELA CT&I
1.1. Acesso à água de qualidade para consumo humano e produção agrícola	Desenvolver e implementar tecnologias sociais simples e de baixo custo para acesso à água
	Desenvolver tecnologias de baixo custo que garantam a potabilidade da água nas áreas rurais
	Fomentar estudos que auxiliem na promoção da segurança hídrica, incluindo os cenários de mudanças climáticas
	Desenvolver tecnologias que visem à redução do uso e da poluição das águas pela produção agropecuária
	Desenvolver e fortalecer as capacidades técnicas para tomada de decisões, fazendo uso de TICs e garantindo o acesso e compartilhamento de dados relevantes das diversas fontes públicas e privadas
	Monitorar e prever desastres, eventos climáticos e meteorológicos para uso agrícola e para garantir o abastecimento
1.2. Coleta, tratamento e reaproveitamento das águas residuais	Desenvolver tecnologias de baixo custo para o tratamento das águas residuais visando o seu reaproveitamento, especialmente em regiões rurais isoladas
1.3. Acesso à energia elétrica	Expandir o acesso à energia elétrica nos domicílios, particularmente na zona rural, considerando matrizes energéticas limpas, como a geração solar, e com baixo impacto ambiental
1.4. Acesso a modais de transporte para apoio à agricultura	Expandir, melhorar e/ou criar infraestruturas viárias (hidrovias, ferrovias e rodovias) para viabilizar o escoamento da produção de alimentos, priorizando modais mais sustentáveis
1.5. Acesso à conectividade digital com baixo custo	Criar ou ampliar a infraestrutura de Internet de qualidade e inclusão digital nas comunidades rurais e periurbanas
	Promover conectividade com internet de qualidade e custos compatíveis
	Promover a capacitação digital nos territórios rurais, incluindo indígenas
	Desenvolver plataformas adequadas às necessidades oriundas das atividades na cadeia de valor
1.6. Apoiar à comercialização da produção agrícola familiar e de comunidades tradicionais	Desenvolver tecnologias digitais de conectividade (por exemplo, sensores e códigos QR na logística)
	Implementar e fortalecer centros de distribuições locais visando ampliar a oferta de alimentos in natura e minimamente processados
	Promover e fortalecer os circuitos curtos sustentáveis
1.7. Apoiar ações que visem o desenvolvimento de ferramentas e metodologias de análise de sustentabilidade de cadeias produtivas e/ou produtos, especialmente da agricultura familiar e de pequeno porte	Desenvolver metodologias e tecnologias, inclusive digitais, para apoio ao cooperativismo e auxílio para estruturar a produção e para apoiar a comercialização
	Prover mecanismos, processos e estruturas para organização da produção na agricultura familiar, garantindo que tenham acesso à auxílio técnico para todas as etapas da produção, evitando perdas e desperdício durante e após a colheita, e que adotem práticas e sistemas mais sustentáveis como os Sistemas AgroFlorestais (SAF), agricultura orgânica, por exemplo
	Implementar a utilização de tecnologias digitais avançadas, como os sensores de solo e a rastreabilidade digital
	Formação técnica e profissional para inclusão produtiva

Fonte: Elaborado pelos autores.



Desafio 1.1 • Acesso à água de qualidade para o consumo humano e à produção agrícola - Segurança hídrica

Os países da ALC detêm 35% de toda a água doce do mundo. Entretanto, 25% da população dessa região não tem acesso à água potável e 66% não tem acesso a serviços de saneamento seguros (Rodriguez et al. 2022). Quase 68% do total da água doce retirada é destinado à produção agropecuária, enquanto os usos doméstico e industrial respondem por cerca de 21% e 11%, respectivamente (Rodriguez et al., 2022). Do total de 33 países que compõem a ALC, 16 destinam proporções superiores à média da região para a produção agrícola, dentre eles, Venezuela (73,9%), Argentina (73,9%), México (75,7%), Colômbia (86,0%), Uruguai (86,6%), Chile (91,0%) e Bolívia (91,9%) (FAO, 2020) (Ver Figura 1, Anexo A). O trigo, as culturas forrageiras e a cana-de-açúcar são os principais produtos responsáveis pela escassez de água doce na região, enquanto o uso doméstico é o principal responsável pela contaminação da água por nitrogênio (Mekonnen et al., 2015). Um estudo realizado pela OMS em 2022 (WHO, 2022) estimou que, para cada dólar gasto com o saneamento básico, mais de cinco dólares foram economizados com despesas em tratamentos de saúde, mortes prematuras e outras externalidades.

De acordo com a CEPAL¹ (2024), é necessário um impulso de investimento público e privado equivalente a 1,3% do PIB. A Agenda Regional de Ação pela Água para a América Latina e o Caribe (CEPAL, 2023), apresentada na Conferência da Água das Nações Unidas 2023, enuncia quatro pilares de ação para avançar em direção a uma transição hídrica sustentável e inclusiva: I) garantir o direito humano à água potável e ao saneamento por meio de um forte impulso ao investimento no setor; II) promover mudanças regulamentares e políticas para promover o acesso equitativo e acessível e, assim, erradicar a pobreza hídrica, com instrumentos inovadores, incluindo tarifas sociais; III) reverter as crescentes externalidades negativas associadas à poluição, à superexploração e aos conflitos socioambientais, promovendo a supervisão e a regulação; e, IV) mudar a atual gestão linear para sistemas circulares para reduzir a pressão sobre os recursos hídricos, estabelecendo uma tendência de dissociação entre extração e produto interno bruto (PIB).

Como a CT&I pode contribuir

A segurança hídrica coloca-se como um desafio a ser suplantado considerando diferentes tecnologias, desde aquelas chamadas de tecnologias sociais (que atrelam saber popular, organização social e conhecimento técnico-científico) até as tecnologias mais sofisticadas, que englobam as ferramentas de Inteligência Artificial (IA), por exemplo. Em relação às tecnologias sociais, o Programa de Cisternas é um exemplo exitoso de como uma tecnologia de baixo custo, desenvolvida no Brasil, em um contexto de necessidade de convivência com o semiárido, conseguiu

1. CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe. Foi criada em 1948 pelo Conselho Econômico e Social das Nações Unidas com o objetivo de incentivar a cooperação econômica entre os seus membros.



ganhar escala e ser incorporado à política pública impactando a vida de milhares de pessoas que habitam áreas isoladas do país. Estas tecnologias podem ser complementadas por com tecnologias mais recentes, como polímeros naturais superabsorventes; mapas de retenção de água no solo; técnicas de cobertura morta e terraceamento que foram adaptadas para cada geografia/bioma; irrigação inteligente com IA para previsão do tempo e; mapeamento digital da lavoura.

Na alta tecnologia, podem ser citadas aquelas desenvolvidas pela Quarta Revolução Industrial (ou Indústria 4.0) e que contribuem para diferentes dimensões da segurança hídrica. Entre elas: i) abastecimento de água (monitoramento e gestão do abastecimento de água, alertas sobre a qualidade da água, filtragem de água autoadaptativa); ii) controle de captação (detecção e monitoramento de florações de algas nocivas, previsão de deflúvio e inundações); iii) eficiência hídrica (gerenciamento da água para fins doméstico e industrial, previsão da manutenção das estações de tratamento de água, identificação de perda de água no sistema de fornecimento, hidrômetros domésticos inteligentes), iv) planejamento de secas (monitoramento e previsão da intensidade das precipitações, avaliação e impacto das secas); e, v) saneamento adequado (monitoramento instantâneo da qualidade dos corpos hídricos, dados da qualidade da água na escala do domicílio) (Stankovic et al., 2020; WEF, 2018). Um exemplo prático dessa questão é a criação de sistemas de alerta baseados no uso de dados coletados por sensoriamento remoto. O monitoramento da qualidade da água, a partir de métodos convencionais de coleta e análise, pode ser custoso e demandar tempo. Os dados dos satélites com sensores multiespectrais (como os da família Landsat) permitem o mapeamento espacial de componentes presentes na água (como a vegetação aquática, que pode ser uma manifestação do lançamento de esgoto sem tratamento e de substâncias agrícolas) e orientar as localidades onde são necessárias coletas amostrais (Silva; Coelho; Silva, 2017). Em países tropicais, a incidência de nuvens durante todo o ano pode inviabilizar o uso de dados de satélite com sensores ópticos, fazendo com que o uso de sensores por radar seja uma opção viável. Estes sensores permitem a identificação de derramamento de óleo, presença de vegetação, inundações e elaboração de estimativas de umidade do solo (Sano; Matricardi; Camargo, 2020).

Para a promoção da segurança hídrica, é necessário não apenas desenvolver infraestrutura e tecnologias, mas também investir na capacitação de recursos humanos em várias áreas. Uma delas é o monitoramento e a previsão de eventos climáticos e meteorológicos. É fundamental tornar essas tecnologias disponíveis e acessíveis para os diversos atores, no setor agrícola, no setor de abastecimento e na prevenção de desastres (Wang et al., 2022).

Também são necessidades de aplicação da CT&I para este desafio: desenvolver práticas integradas de gestão dos recursos hídricos para aumentar a resiliência às alterações climáticas e mitigar o impacto das catástrofes; construir capacidades técnicas para a tomada de decisões e para avançar na construção de uma transição hídrica sustentável e inclusiva; adotar novos modelos de investimento e formar parcerias público-privadas para financiar esta transição; e harmonizar os processos políticos de tomada de decisão, monitorização e gestão das águas transfronteiriças (Saravia Matus; Fernández; Montañez, 2023).



Programa Cisternas

As cisternas de placa para armazenamento das águas da chuva, tanto para o consumo quanto para a produção, são consideradas uma tecnologia social criada para a convivência das populações com o semiárido brasileiro, local onde o acúmulo de chuva no ano não ultrapassa 800 milímetros. Desenvolvida inicialmente pela organização não governamental Articulação Semiárido Brasileiro (ASA), ao final dos anos de 1990, foi incorporada dentro do Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e outras Tecnologias Sociais em 2003. O foco do programa são as famílias rurais de baixa renda atingidas pela seca ou pela falta regular de água, inscritas no Cadastro Unificado (CadÚnico²).

Há três tipos de cisternas: de consumo, com capacidade para 16 mil litros de água potável instalada ao lado das casas; de produção, com capacidade para 52 mil litros de água utilizada de forma coletiva ou individual; e, escolar, também com capacidade de 52 mil litros, instaladas nas escolas. Juntamente com a instalação das cisternas, são ofertadas ações de assistência técnica visando a capacitação dos moradores para a manutenção das cisternas e o uso da água. Dados do IPEA (Castro, 2021) apontam para a existência de mais de 1,3 milhão de cisternas instaladas, sendo em maior número as cisternas de consumo. Apesar de expressivos, esse número ainda está longe de atingir as milhares de famílias que residem no semiárido em situação de vulnerabilidade. Para além do desafio de universalizar o acesso às cisternas, soma-se o fato de estudos apontarem a necessidade de avaliação periódica da qualidade da água armazenada.

2. O CadÚnico é um cadastro unificado para os programas sociais do governo federal que identifica e caracteriza as famílias de baixa renda.



Desafio 1.2 • Coleta, tratamento e destinação das águas residuais

Segundo a Organização Mundial da Saúde, aproximadamente metade do total das águas residuais produzidas por todos os países do mundo é despejada sem tratamento adequado diretamente em rios, lagos ou no oceano (WHO, 2022). Águas residuais são aquelas utilizadas para diferentes usos e, após, descartadas (também conhecidas como esgoto). De acordo com o Programa Mundial de Avaliação dos Recursos Hídricos das Nações Unidas, o maior desafio para a região da ALC e uma grande preocupação para os governos locais, é o tratamento das águas residuais (WWAP, 2017). A ALC produz cerca de 34 bilhões de metros cúbicos de águas residuais por ano (dados disponíveis para 21 países da América Latina e Caribe), dos quais 63% são coletados e 41,5% é tratado (FAO, 2020). Estima-se que 36 milhões de hectares utilizados para produção agrícola em áreas periurbanas sejam irrigadas com águas residuais sem tratamento (WHO, 2022).

Pesquisas apontam que os países da ALC deveriam investir cerca de 33 bilhões de dólares para alcançar, até 2030, 64% do total do esgoto tratado, e outros 34 bilhões de dólares para instalação de sistemas de drenagem urbana (Mejía, 2014). A OMS (WHO, 2022) observa que as águas residuais, quando tratadas, tornam-se fontes ricas de nutrientes para a produção de alimentos. Entretanto, em 2020, apenas quatro países da ALC destinavam a água (residual doméstica tratada) para a irrigação, sendo eles, Brasil (0,15%), Chile (18,2%), México (30,3%) e Peru (39,3%) (FAO, 2020) (ver Figura 2, Anexo A).

As diferenças entre as populações urbanas e rurais implicam no maior ou menor acesso às infraestruturas urbanas, dentre elas a coleta de esgoto, o tratamento e o reaproveitamento das águas residuais, impondo uma diversidade de soluções tecnológicas cuja complexidade varia conforme a sua localização.

Como a CT&I pode contribuir

Os subprodutos resultantes das estações de tratamento de esgoto podem ser reaproveitados com a geração de biogás, lodo e água de reuso. Essa energia pode ser estocada na forma de matéria-prima e como gás comprimido. O lodo, material derivado da biomassa microbiana decantada durante o tratamento do esgoto bruto, ao ser utilizado como fertilizante orgânico, reduz o emprego dos defensivos agrícolas (Milanez et al., 2018; Silva et al., 2023). As águas de reuso, que servem para a irrigação e o uso industrial, podem contribuir para a redução do consumo de água por esses setores econômicos (Grant et al., 2012).

O reaproveitamento das águas residuais, quando considerado em um contexto urbano, é potencializado com a centralização dos sistemas que requerem altos custos de investimento, mas baixos custos de operação e manutenção uma vez que operam em larga escala. Já em contextos rurais ou em regiões isoladas, os sistemas descentralizados são menos custosos e mais sustentá-



veis (Rodriguez et al., 2022). Como ilustração, desde 2012, diversas empresas localizadas no Polo Petroquímico de Capuava, em Santo André, município do estado de São Paulo, são abastecidas por água de reuso. A Aquapolo, empresa responsável pelo tratamento e abastecimento do Polo, atende 14 plantas industriais e afirma que a quantidade de água gerada é equivalente ao necessário para abastecer uma cidade de 500 mil habitantes (Aquapolo, 2024).

Como exemplo de tecnologias mais complexas, podem ser citados o uso de sensores de bioeletrodos, que são incorporados às instalações de tratamento de esgoto visando monitorar, em tempo real, as atividades metabólicas microbianas. Os dados gerados são enviados a um painel de controle que permite aferir tendências de desempenho levando a otimização dos processos. Essa tecnologia, chamada Sentry-AD³, foi desenvolvida e patenteada pela empresa canadense Island Water Technologies. Já uma empresa indiana, Fluid Robotics⁴, desenvolveu robôs capazes de mapear, inspecionar e analisar as redes de águas residuais visando reduzir os riscos de lançamento do esgoto não tratado diretamente nos recursos hídricos. Essa tecnologia também é capaz de analisar a presença de vírus, como o da COVID-19, impactando na saúde pública.

3. <https://www.sentrywatertech.com/>.

4. <https://www.fluidrobotics.com>.



Sistema de Bioágua Familiar

Águas residuais, também chamadas de “águas cinzas”, é a denominação dada para as águas geradas pelas atividades domésticas (oriundas das pias de banheiro, cozinha, lavagem de roupa e banhos). A reutilização das águas cinzas pode ajudar a reduzir a demanda de água para usos não potáveis, aumentando a disponibilidade hídrica. Em 2009, foi desenvolvido o sistema Bioágua Familiar⁵ de reuso de águas cinzas domiciliares por meio de parceria entre a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa), a ONG Atos e famílias de agricultores. Ele se constitui em uma unidade para tratamento de água residuária doméstica. O sistema é composto pela construção de um filtro biológico e de um tanque de reuso conectados ao sistema de produção. O processo de filtragem é realizado por mecanismos de impedimento físico e biológico dos resíduos presentes na água cinza. Os principais poluentes ficam retidos a partir da digestão e absorção da matéria orgânica da água pelas minhocas. A água de reuso é utilizada num sistema de irrigação destinado à produção de diferentes tipos de alimentos, plantas medicinais, dentre outros. Considerando as águas residuais geradas por uma família composta por cinco pessoas, esse sistema poderia produzir 90 mil litros de água por ano. Dentre as vantagens observadas pela Embrapa estão a promoção do saneamento básico rural, a melhoria da dieta familiar, o aumento da disponibilidade hídrica, o incremento dos nutrientes para as plantas, contribuindo, por fim, para o fortalecimento da agricultura familiar e a fixação das famílias no campo.

5. <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/72619509/biofiltro-reaproveita-agua-domestica-para-producao-de-alimentos-e-forragem>.



Desafio 1.3 • Acesso à energia elétrica

É necessário expandir o acesso à energia elétrica nos domicílios, particularmente na zona rural (EPE, 2024), considerando novas fontes energéticas, com baixo impacto ambiental, como por exemplo, a geração solar. A energia elétrica tem seu papel como insumo básico nos processos de produção industrial, no setor de prestação de serviços e comércio em geral, além do conforto que proporciona aos domicílios. O acesso à energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento social e econômico.

Entre 2000 e 2021, houve uma redução na população da ALC sem energia elétrica, de 58,6 milhões para 16,1 milhões de habitantes, alcançando uma taxa de cobertura de acesso de 97,6% (OLADE, 2022). Entretanto, há países com taxas muito abaixo da média para a região. No Haiti, apenas 47% da população tem acesso aos serviços de energia (OLADE, 2022). A matriz energética da ALC possui a maior proporção de fontes de energia renovável em relação a qualquer outra região do globo, representando 33,2% (OLADE, 2022). Entretanto, grande parte desse percentual vem das hidrelétricas que, apesar de não estarem associadas à queima de combustíveis fósseis, produzem impactos ambientais e sociais que não podem ser desconsiderados. Atrelado a isso, em um contexto de emergência climática, os padrões de chuvas estão mudando, afetando a disponibilidade hídrica, o que faz com a necessidade urgente de diversificar a matriz elétrica acelerando a integração de outras fontes energéticas.

Estima-se que os países emergentes, o que inclui grande parte da ALC, precisarão de um trilhão de dólares por ano até 2050 para o financiamento de sua transição energética (IEA, 2023). Para além de aspectos econômicos, a Organização Latino-americana de Energia (OLADE, 2023) observa que essa transição também precisa ser justa, o que envolve um sistema complexo e com diversos atores. A incorporação de fontes renováveis, especialmente as eólicas, solar e de biomassa, facilita o acesso à eletricidade para comunidades que hoje vivem sem ela. Nesse aspecto, são apontados quatro desafios a serem enfrentados pelos países da ALC para aumentar substancialmente a participação das energias renováveis na matriz energética: político, tecnológico, econômico e de governança (OLADE, 2023). De forma específica aos desafios tecnológicos a OLADE aponta que é preciso quebrar certos paradigmas, compreendendo que as energias renováveis operam em uma lógica diferente daquela usada pelos sistemas hidrotérmicos e que, portanto, é preciso pensar em outro desenho para os sistemas renováveis.

Como a CT&I pode contribuir

A capacidade potencial de geração de energia renovável na ALC é suficiente para atender 22 vezes as necessidades projetadas de eletricidade para a região em 2050 (BID, 2013). No entanto, é preciso baratear o acesso da população a esse tipo de energia. No Brasil, por exemplo, a participação da geração solar na matriz energética ainda não alcançou o seu potencial, uma vez que os investimentos iniciais para a implantação do sistema fotovoltaico são altos e não há linhas de financiamento adequadas para acessá-los, ainda sendo exclusividade para a população mais rica (Dantas, 2020). Para reduzir os custos da produção das placas fotovoltaicas, é necessário o



desenvolvimento de tecnologias nacionais que consigam purificar o silício metalúrgico até o grau solar, em nível comercial (Dantas, 2020).

Em todo o mundo, a matriz energética é composta por diferentes fontes, mas as fontes não renováveis (petróleo, carvão e gás natural) representam 80% (IEA, 2022). Enquanto isso, as fontes renováveis (como solar, eólica e geotérmica, classificadas como “outras fontes”, somadas à participação da energia hidráulica e da biomassa), representam apenas 15% do total. Portanto, aqui está uma oportunidade para desenvolver, por meio da CT&I, outros recursos e tecnologias renováveis que ainda são pouco explorados, mas podem ganhar espaço na matriz energética, como os provenientes dos resíduos sólidos urbanos, eólica offshore (instalação de parques eólicos em corpos d’água, principalmente no mar) e o hidrogênio.

O desafio para a CT&I nesse âmbito consiste não apenas em avançar no desenvolvimento de tecnologias para aproveitamento dessas fontes mais limpas, mas também para baratear o acesso às mesmas, permitindo ampliar sua adoção. O exemplo “Programa Luz para todos” é um caso de sucesso, e pode ser alvo de levantamento de desafios para promover situações similares em mais países de ALC.

Programa Luz para Todos

No ano de 2000, cerca de 2,5 milhões de domicílios brasileiros não tinham acesso à energia elétrica, sendo que 80% desse total estavam nas áreas rurais e 90% tinham renda inferior a três salários-mínimos (Ferreira; Barcellos; Silva, 2021). Com a Lei Federal n. 10.438/2003, o Brasil universalizou o acesso aos serviços de energia a todos os solicitantes, sem cobrança dos custos para a sua implementação. Naquele momento, foi criado o Programa Luz para Todos, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia com a participação das Centrais Elétricas Brasileiras. O programa tinha como objetivo garantir às famílias rurais de baixa renda, às comunidades quilombolas e ribeirinhas e aos pequenos e médios produtores, o acesso à energia, promovendo a melhoria da condição socioeconômica dessas populações.

Até o ano de 2009, o programa realizou 2 milhões de ligações, atendendo 10 milhões de pessoas, sendo que sua prorrogação até julho de 2011 contribuiu para atender a outras 4 milhões de pessoas (Freitas; Silveira, 2015). Apesar dos impactos positivos da energia elétrica na vida das pessoas, o seu acesso ainda é restrito no ambiente rural, especialmente nas áreas mais isoladas em decorrência da inexistência de linhas de distribuição, custo elevado para a instalação de sistemas adequados e déficits persistentes na geração de energia (Belarmino et al., 2019). O censo demográfico de 2010 revelou que existiam ainda 2 milhões de brasileiros sem acesso à energia elétrica, sendo a maior parcela rural e em municípios com baixo IDH (Ribeiro; Teixeira; Soares, 2017).



Desafio 1.4 • Acesso à internet de qualidade e baixo custo - inclusão digital

A inclusão digital é o meio de promover acesso às Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e ao conhecimento. Hoje, a maioria das atividades acontecem na web ou dependem dela. O tema inclusão digital vem sendo pauta política obrigatória em quase todos os governos e tema de estudos em diversas áreas do conhecimento, em virtude das desigualdades identificadas quanto ao acesso de grandes contingentes populacionais às TIC. Além do acesso, a qualidade da internet é uma questão fundamental. Um levantamento conduzido pelo Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) em conjunto com o Banco Mundial, a Bayer, o Banco de Desenvolvimento da América Latina (CAF), a Microsoft e a Syngenta, revela que cerca de 72 milhões de pessoas que residem em áreas rurais da ALC não têm acesso à internet de qualidade (IICA, 2023). Os dados, que foram coletados em 26 países da região entre 2020 e 2022, ainda apontam que 79% da população urbana dos países latino-americanos e caribenhos analisados possuem serviços de conectividade significativos, enquanto o índice para a população rural é de 43,4% (IICA, 2023).

Em um contexto em que tudo se conecta e as relações produtivas precisam da web para se estabelecer, a necessidade de acesso e a capacitação para o seu uso devem ser tratadas como política pública. Assim, quanto mais democrático for o acesso para uma internet de qualidade e a capacitação para seu uso, mais oportunidades e desenvolvimento para o país. São obstáculos persistentes: os problemas na implementação de novas instalações devido à infraestrutura elétrica e de rodovias, elevados custos de investimento e menor custo-efetividade para as companhias operadoras, além de escassez de estímulos para os investimentos no âmbito rural.

Como a CT&I pode contribuir

Para garantir a inclusão digital, se faz necessário estimular P&D de soluções tecnológicas e inovadoras para atender comunidades localizadas em áreas rurais em condições semelhantes à população dos centros urbanos. Ainda, é necessário que essas tecnologias sejam escaláveis, de baixo consumo de energia, com dispositivos de fácil instalação nessas áreas remotas e de alta durabilidade, com baixa manutenção e baixo custo. Desse modo, a distância geográfica e eventuais limitações podem deixar de ser um empecilho para o desenvolvimento das populações rurais.

Além disso, é fundamental criar ou ampliar a infraestrutura de Internet e promover a conectividade e a inclusão digital nas comunidades rurais e periurbanas. Isso pode ser feito, por exemplo, com a construção de telecentros comunitários em áreas rurais ou laboratórios de informática nas escolas dessas regiões. Para além disso, tornar viável a geração de dados analíticos que apoiem o desenvolvimento de cadeias de valor que possibilitem diferentes possibilidades, como dar visibilidade ao trabalho agrícola e a participação das mulheres nos sistemas agroalimentares. Por fim, desenvolver tecnologias digitais de conectividade (por exemplo, sensores e códigos QR) na logística das atividades da cadeia produtiva pode ser uma outra aplicação do CT&I em questões operacionais mais pontuais.



Novas tecnologias para o acesso à internet

Há diversas iniciativas que podem ser fomentadas para levar conectividade de internet para diferentes regiões. Dentre elas estão as redes comunitárias que funcionam por meio da instalação de equipamentos que captam o sinal via satélite ou rádio, e, então, distribuem o sinal aos moradores da comunidade. Para o atendimento de localidades remotas, empresas da área de tecnologia já exploram soluções com o uso de drones e balões para que os sinais de antenas e satélites sejam recebidos sem interferências e sejam mais bem distribuídos. No Brasil, a empresa Altave, por exemplo, desenvolveu um sistema que consiste em um balão a gás (chamado de aeróstato e que voa a uma altitude de 200 metros) acoplado a uma tecnologia com capacidade para captar sinais distando até 15 km e espalhá-lo a um raio de até 40 km. Especialistas observam que a grande vantagem dessa tecnologia é que o uso do balão não requer licença ambiental. Atualmente, pelo seu custo, essa tecnologia é acessível a empresas (da área de portos, mineração e hidrelétricas, por exemplo), mas pode ser barateada para atender também comunidades de baixa renda. Entre 2013 e 2016, a Altave obteve financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - Fapesp (na modalidade Auxílio à Pesquisa - Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas - PIPE) visando nacionalizar a tecnologia⁶.

6. <https://revistapesquisa.fapesp.br/baloes-para-acessar-a-internet/>.



Desafio 1.5 • Acesso a modais de transporte para apoio à agricultura

Nos países da ALC, há a necessidade de criar, expandir e melhorar as infraestruturas viárias (hidrovias, ferrovias e rodovias), para viabilizar o escoamento da produção de alimentos de forma menos onerosa, econômica e ambientalmente, bem como ser ponto de apoio à logística - atividade fundamental na produção agrícola (MAPA, 2021b). A logística na agricultura está associada a toda cadeia produtiva da propriedade rural, sendo essencial para, entre outras atividades: garantir uma boa produção; armazenar adequadamente os produtos; otimizar a distribuição, reduzindo custos, garantindo qualidade e evitando perdas e desperdício. O transporte compõe um dos custos da cadeia de valor, com importante impacto nos preços e influenciando diretamente e indiretamente em questões de armazenagem. Adicionalmente, deve ser levada em conta a sustentabilidade do transporte para que o processo todo seja o mais neutro em carbono possível.

Como a CT&I pode contribuir

Apoiar o desenvolvimento científico e tecnológico para aprimorar os modais de transporte e a infraestrutura logística, o que inclui o armazenamento e acondicionamento adequado dos produtos, levando em conta as especificidades e oportunidades de cada região, e não enfatizar somente o modal rodoviário. Apoiar empreendimentos para o desenvolvimento de aplicativos e de plataformas que auxiliem na busca e na seleção de melhores alternativas aos custos atrelados ao transporte em cada etapa da cadeia. O desenvolvimento dessas soluções em meios de transporte e acondicionamento adequados, que permitam a otimização das tarefas logísticas, é um instrumento para não só reduzir desperdícios, como abre possibilidades para melhor aproveitamento dos produtos – já que esses são, em sua maioria, perecíveis em algum ponto do processo.



Soluções para o escoamento em regiões isoladas

Um dos grandes gargalos para o escoamento da produção em regiões de difícil acesso, como as comunidades ribeirinhas e indígenas que vivem na região amazônica e pantaneira (ou em outros contextos semelhantes), é o transporte, que, em muitos casos, é feito por barcos (e podem ser interrompidos em caso de secas), e representam um grande custo para os produtores. Desenvolver tecnologias que atendam a essa necessidade, pode representar uma significativa melhoria das condições socioeconômicas dessas populações. Atualmente, os veículos aéreos não tripulados (VANT's), popularmente conhecidos como drones, já servem para agilizar a entrega de mercadorias. As empresas norte-americanas Amazon e a American Package Delivery Service (UPS) já utilizam drones com autonomia de 16 quilômetros⁷. Drones militares são utilizados para, além de ajudar na localização de vítimas e medir a extensão dos danos após desastres em áreas remotas, na entrega de suprimentos como água e alimentos. Os voos com drones, que utilizam Sistema Global de Posicionamento (GPS, na sigla em inglês), são regidos pelas leis da física e da aerodinâmica, mas eles também precisam ser capazes de identificar objetos em movimento, requerendo algoritmos e sensores avançados para a detecção de obstáculos. O tempo de voo dos drones é determinado pela altitude e pela quantidade de carga levada e, geralmente, não dura mais do que 30 minutos. Entretanto, a empresa italiana *Solara Atmospheric Satellite* lançou, em 2017, o drone *Solara 50*, que é movido a energia solar, consegue levar cargas de 30 kg (ou superiores, de acordo com as condições meteorológicas locais) e tem autonomia de até 12 horas⁸. Empresas no mundo todo estão investindo recursos no desenvolvimento de tecnologias para drones movidos a energia solar, como o *Qingxing 50* lançado, em 2022, pela *Aviation Industry Corp of China*⁹.

7. <https://circuitdigest.com/article/drone-delivery-future-of-shipping-industry>.

8. <https://www.portalsolar.com.br/noticias/tecnologia/italia-lanca-drones-movidos-com-energia-solar>.

9. <https://www.mundoconectado.com.br/drones/drone-com-asas-de-50-metros-e-baterias-solares-faz-seu-1o-voou/>.



Desafio 1.6 • Apoio à comercialização da produção agrícola familiar e de povos e comunidades tradicionais

Para potencializar os processos de transformação dos sistemas agroalimentares não sustentáveis é necessário compreender suas especificidades regionais, incluindo os ativos humanos e econômicos, bem como estes impactam negativamente a saúde ambiental e humana.

Nas diversas regiões da ALC identificam-se atividades de produção, processamento e comercialização de alimentos provenientes da agricultura familiar e de povos e comunidades tradicionais, com necessidade de superação de desafios para livre circulação em feiras locais regulares. O maior gargalo apontado é a comercialização dos produtos tendo em vista os seguintes fatores: a dificuldade de comercialização de numerosas variedades, mas em pequenas quantidades; a dificuldade de oferta de produtos em quantidades predeterminadas; a regularidade de produção, padronização e qualidade e a insegurança no cumprimento de contrato. Há que se estimular a abertura de novos mercados e circuitos curtos para a sustentabilidade do pequeno produtor e das suas organizações, de acordo com as suas especificidades.

É necessário implementar e fortalecer centros de distribuição locais visando facilitar o escoamento de alimentos in natura e minimamente processados em todo o país, principalmente agricultores familiares e de pequena escala e que não estejam ainda integrados em canais de comercialização formais. É preciso uma estrutura que facilite a conexão entre produtores e consumidores e que facilite a logística desta comercialização.

O fortalecimento dos circuitos curtos de comercialização pode contribuir também para promover sistemas de produção agroecológicos/orgânicos. Os circuitos curtos de comercialização são sistemas agroalimentares em que se busca a proximidade do produtor-consumidor fortalecendo a agricultura local e regional (Darolt; Lamine; Brandenburg, 2013). Apresentando no máximo um intermediário, envolvem proximidade geográfica, que facilita a distribuição, transporte e gestão das vendas. Assumem importância ao apresentarem elementos que significam a conexão entre agricultura, alimentação, saúde, meio ambiente, economias locais e territórios, os quais abrem espaço para diversas formas de inovação, em grande medida voltadas para uma aproximação relacional e espacial entre produção e consumo de alimentos agroecológicos/orgânicos.

Como a CT&I pode contribuir

O apoio financeiro das atividades e o desenvolvimento de tecnologias que deem suporte ao funcionamento das cadeias curtas, ao longo de toda a cadeia de valor é necessário. Igualmente, o financiamento e o apoio ao desenvolvimento de plataformas e aplicativos digitais que favoreçam a conectividade entre a produção e o consumidor, fortalecendo os circuitos curtos mais sustentáveis e para os alimentos produzidos pela agricultura familiar e comunidades tradicionais, via processos participativos. O apoio a plataformas que possibilitem a rastreabilidade para carac-



terização da origem e valorização dos produtos locais e que adotem práticas mais sustentáveis, bem como o comércio justo, torna-se fundamental.

É necessário favorecer a implementação e o fortalecimento de centros de distribuição locais visando facilitar o escoamento de alimentos in natura e minimamente processados em todo o país, principalmente oriundos da agricultura familiar que não estejam ainda integrados em canais de comercialização formais. É preciso uma estrutura que facilite a conexão entre produtores e consumidores e que facilite a logística desta comercialização. Além das feiras e varejões públicos, cita-se a importância dos contratos de aquisição desses produtos via programas de alimentação escolar, mas também a necessidade de desenvolvimento de iniciativas que introduzam e fortaleçam a presença destes produtos no varejo local, tal como o incentivo ao processamento artesanal e certificação/rotulagem.

Por fim, é preciso apoiar e financiar o desenvolvimento de tecnologias digitais ao longo da cadeia de valor do agronegócio.

Selapir - Selo Local de Alimentos de Piracicaba

O Selapir - Selo Local de Alimentos de Piracicaba¹⁰ é uma iniciativa da Prefeitura de Piracicaba, por meio da Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento, que objetiva identificar e valorizar os alimentos produzidos no próprio município, promover o consumo de alimentos locais e dar destaque e oportunidade de crescimento à economia local e incentivo aos produtores. O Selapir é gratuito e de uso facultativo, destinado a agricultores e produtores locais do de Piracicaba para uso nas embalagens de seus produtos, que podem ser in natura (frutas, legumes, verduras), processados (pães, doces, geleias, macarrão, etc.) ou processados de origem animal (leite, ovos, queijos, salames, etc.).

10. <https://sempapel.piracicaba.sp.gov.br/atendimento/servico-info/177>.



Desafio 1.7 • Apoiar ações para o desenvolvimento de ferramentas e metodologias de apoio à gestão e tomada de decisão no âmbito de cadeias produtivas, especialmente da agricultura familiar e de pequeno porte, com especial ênfase na sustentabilidade.

A agricultura familiar não tem recebido a mesma atenção que outros setores da agropecuária do ponto de vista das tecnologias e ferramentas de produção empregados. As soluções de CT&I têm sido mais frequentemente voltadas para a produção de commodities, para grandes produtores e propriedades que utilizam fortemente máquinas agrícolas de grande porte e processos já mais organizados e automatizados (IICA, 2021). Nesse sentido, é necessário prover mecanismos, processos e estruturas para a organização da produção na agricultura familiar, garantindo que tenham acesso a auxílio técnico quando necessário e que sejam assistidos em caso de ameaça de seca, tais como o déficit de precipitação, umidade do solo e índice de vigor vegetativo, que fatalmente impactam a produção.

Como a CT&I pode contribuir

A CT&I pode auxiliar na operacionalização de políticas públicas de extensão rural ou inovação, através da produção e da transferência de tecnologias sociais e do estímulo aos processos que respeitem a diversidade da agricultura familiar e que possam ser aplicados em todas as etapas da produção. Assim, sendo possível aumentar a produtividade, evitar perdas e desperdício durante e após a colheita. É necessário apoiar o desenvolvimento de tecnologias aplicáveis a outros perfis de produtores e a outras culturas que não as commodities. Isso inclui o desenvolvimento de sensores diversos e equipamentos apropriados, bem como sistemas de informação para apoio à tomada de decisão, seja para uso dos pequenos produtores, para cooperativas ou outras formas de associação. Em suma, apoiar o desenvolvimento de plataformas de formação e capacitação, usando a tecnologia de informação para formar e capacitar agricultores em técnicas produtivas e de gerenciamento da produção agrícola. Essa formação e capacitação é fundamental, especialmente em um cenário em que a emergência de novas tecnologias é cada vez mais acelerado.



Serviço Nacional de Aprendizagem Rural

A assistência técnica apresenta-se como uma alternativa importante na implantação de manejos adequados e gerenciamento aos proprietários, tornando-se um importante vetor da disseminação tecnológica no meio rural. Nesse sentido, o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar) tem papel relevante, por ser uma entidade privada vinculada à Confederação Nacional de Agricultura (CNA). O Senar é uma entidade que compõe o chamado Sistema S, sistema de serviços sociais autônomos que objetivam capacitar o trabalho e promover assistência social a determinado grupo de pessoas. Lançada em 2013, a Assistência Técnica e Gerencial do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural¹¹ é um modelo pioneiro e inovador que transforma a vida dos produtores rurais e de todo o setor agropecuário ao oferecer atendimento personalizado, a partir de uma metodologia própria que segue cinco passos e é aplicável a todas as cadeias produtivas do País. O Senar oferece ações de extensão a produtores em todo território nacional, transmitindo informações sobre novas tecnologias, inovações, pesquisas, entre outros conhecimentos fundamentais para o desenvolvimento das atividades agrícolas.

11. <https://cnabrasil.org.br/assets/arquivos/Senar-ATeG-5-Etapas.pdf>.



2.2 • Acesso: CT&I para acesso a alimentos saudáveis e sadios, como direito humano à alimentação adequada

O acesso, físico e financeiro, aos alimentos, é a segunda dimensão da segurança alimentar e nutricional e indispensável para a sua garantia. A seguir, foram elencados os principais desafios para a concretização desse pilar na ALC.

QUADRO 2 • DESAFIOS E NECESSIDADE DE AÇÕES APOIADAS PELA CT&I PARA O ACESSO

DESAFIO	NECESSIDADE DE AÇÕES APOIADAS PELA CT&I
2.1. Acesso à renda	Apoiar programas de transferência de renda com o objetivo de aumentar o acesso financeiro aos alimentos em populações mais vulneráveis
2.2. Acesso a alimentos in natura, nutritivos e diversos, da cultura regional e da sociobiodiversidade	Apoiar o mapeamento dos alimentos da sociobiodiversidade e do seu potencial de comercialização
	Apoiar o desenvolvimento de cadeias produtivas com alimentos da sociobiodiversidade
	Potencializar tanto mercados alimentares regionais quanto globais, considerando demandas relacionadas à sensorialidade, sustentabilidade, rastreabilidade, identidade e conveniência dos produtores e dos produtos
2.3. Apoiar a diversificação de produtos e desenvolvimento de segmentos de mercado	Desenvolver ferramentas com vistas a promover o levantamento contínuo e sistemático e a organização de informações sobre os produtos da sociobiodiversidade
	Contornar as consequências indesejadas da globalização de alimentos
2.4. Apoiar a manutenção, fortalecimento e aprimoramento de programas relacionados à segurança alimentar (alimentação escolar, programa de aquisição de alimentos, bancos de alimentos, restaurantes e cozinhas populares)	Desenvolver plataformas digitais e aplicativos para gestão e execução dos programas de produção de refeições
	Desenvolver tecnologias educacionais para gestores e executores do programa (diretores, professoras, merendeiras) para seleção de alimentos, inclusive da sociobiodiversidade local
	Desenvolver referenciais e arranjos jurídicos e institucionais para operacionalização de compras públicas para consecução de objetivos de políticas públicas e de programas governamentais
	Desenvolver ferramentas de tecnologia de informação e de IA para favorecer o alinhamento entre os diferentes níveis de gestão dos programas e as demandas de gestão local dos programas

Fonte: Elaborado pelos autores.



Desafio 2.1 • Acesso à renda

A renda tem impacto direto no acesso aos alimentos e na segurança alimentar. Erradicar a pobreza é o primeiro ODS da Agenda 2030, publicado pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015) e nos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (2024). De acordo com o proposto neste ODS, cabe aos Estados partícipes adotar ações concretas para acabar com a pobreza em todas as suas formas em nível mundial (ONU, 2015). Logo, programas de transferência de renda, renda mínima e de geração de renda são parte da solução para o combate da insegurança alimentar.

Uma revisão de literatura publicada recentemente avaliou o impacto de programas de transferência de renda, majoritariamente em países pobres, sobre o estado nutricional de crianças. Esses programas tiveram associação positiva, com redução significativa da chance de baixo peso ao nascer e de déficit de crescimento (Lisboa et al., 2023). Já em relação ao acesso aos alimentos, o Brasil, no contexto da América Latina e Caribe, é um bom exemplo sobre o enfrentamento da insegurança alimentar por meio do Bolsa Família, programa de transferência de renda criado em 2003. Um estudo conduzido em dois municípios da Região Nordeste do país verificou que a elevação da renda por meio do programa de transferência de renda foi um dos fatores associados à redução das formas mais graves de insegurança alimentar (Cabral et al., 2014). Outro estudo, também realizado no Nordeste, verificou que programas de transferência de renda responderam por uma redução de 17,5% na prevalência de insegurança alimentar (Palmeira; Salles-Costa; Pérez-Escamilla, 2020). Ao mesmo tempo, famílias que não tiveram aumento de renda foram mais propensas a permanecer em insegurança alimentar ao longo do tempo (Palmeira; Salles-Costa; Pérez-Escamilla, 2020).

Como a CT&I pode contribuir

O mapeamento de famílias em situação de vulnerabilidade socioeconômica é fundamental para que recursos possam ser destinados, prioritariamente, para essas áreas, envolvendo, inclusive, programas de geração de renda que podem incluir a CT&I em seu cerne.

A continuidade desses programas, bem como a avaliação de seu desempenho, tem como dificuldade a falta de integração de bases de dados. Logo, a CT&I também pode atuar minimizando essa lacuna, possibilitando um maior controle das verbas destinadas a esses programas e de seu real impacto na sociedade.



Ampliação e atualização do Cadastro Único

Em seu relatório final (Miranda; Cândido da Silva, 2023), o Grupo de Trabalho USP Políticas Públicas de Combate à Fome e à Insegurança propôs a ampliação e atualização do CadÚnico, de forma a garantir que todos os brasileiros que necessitem tenham acesso aos programas sociais de transferência de renda. Esta recomendação foi discutida durante a oficina com especialistas em questões macroeconômicas e sociais, e justificada pelo Cadastro Único constituir uma base de dados que serve para identificar e conhecer as pessoas e famílias mais vulneráveis do país e, assim, ajudar o Governo Federal a desenvolver políticas públicas voltadas para essa população. Ao se inscrever ou atualizar seus dados no Cadastro Único, o cidadão está apto a participar de diversos programas sociais dos governos federal, estadual, municipal e do Distrito Federal. A inscrição no Cadastro Único garante que o governo direcione os serviços e benefícios a quem realmente precisa, aos mais pobres e vulneráveis, mas é necessário também garantir uma revisão periódica desta base. Os instrumentos de IA também podem contribuir para automatizar o processo de revisão e monitoramento.



Desafio 2.2 • Acesso a alimentos in natura, nutritivos e diversos, da cultura regional e da sociobiodiversidade

Os sistemas agroalimentares continuam altamente vulneráveis a choques e perturbações resultantes de conflitos sociais, da variabilidade e dos extremos climáticos e da recessão econômica. Estes fatores, combinados com as crescentes desigualdades, continuam a desafiar a capacidade dos sistemas agroalimentares de fornecer dietas nutritivas, seguras e acessíveis para todos (McGreevy; Rupprecht; Niles, 2022). É fundamental dedicar esforços para transformar os sistemas agroalimentares e alavancá-los para alcançar o ODS 2, ou seja, combater a fome e promover uma agricultura mais sustentável (ONU, 2015).

A crescente urbanização, com quase sete em cada dez pessoas vivendo em cidades até o ano de 2050, impulsiona mudanças nos sistemas agroalimentares em todo o contínuo rural-urbano. Estas mudanças representam desafios e oportunidades para assegurar que todos tenham acesso a dietas saudáveis e a preços acessíveis (FAO et al., 2023b).

Como um dos desafios colocados, está a existência dos desertos alimentares. Desertos alimentares são locais onde o acesso aos alimentos in natura ou minimamente processados é escasso ou impossível, obrigando as pessoas a se locomoverem a outras regiões para obter esses itens, considerados essenciais a uma alimentação saudável (Beaulac; Kristjansson; Cummins, 2009).

Como uma das oportunidades, surge a agricultura urbana. A agricultura urbana é realizada em pequenas áreas dentro de uma cidade, ou no seu entorno (periurbana), e destinada à produção de cultivos para utilização e consumo próprio ou para a venda em pequena escala, em mercados locais. A promoção das hortas urbanas e periurbanas, compreendida como uma tecnologia social, tem sido adotada por cidades da ALC, sendo que a FAO (2014) levantou experiências desenvolvidas de forma exitosa em ao menos 23 países dessa região do globo. Dentre as ações que necessitam de desenvolvimento tecnológico para o estímulo à agricultura urbana estão: implantação de hortas; implantação de viveiros de mudas; criação de pequenos animais; capacitação e disseminação do conhecimento e da informação (que devem ter pertinência com as atividades pretendidas e com os temas da segurança alimentar); assistência técnica e fortalecimento de capacidades técnicas e gerenciais; e implantação de hortas pedagógicas em unidades escolares públicas e entidades socioassistenciais (Garcia; Bógus; Coelho, 2024).

Como a CT&I pode contribuir

Considerando os desafios e oportunidades, há espaço para o desenvolvimento da CT&I, desde as tecnologias sociais ao desenvolvimento de empreendimentos que envolvam IA nos desafios supracitados.



Apoiar e financiar tecnologias sociais para a produção, acesso, distribuição e comercialização de alimentos. Apoiar ações visando à redução de desperdício de alimentos in natura, por exemplo por meio do desenvolvimento de tecnologias para o escoamento da produção e o desenvolvimento de cadeias curtas, como aplicativos e plataformas digitais que conectem o agricultor e os consumidores.

No que tange aos empreendimentos, promover plataformas e programas para identificação de áreas propícias para revitalização e criação de áreas produtivas, incluindo hortas urbanas. Para a implantação das hortas urbanas, por exemplo, podem ser desenvolvidas ferramentas de produção contínua de dados georreferenciados que apoiem os gestores locais e a sociedade civil na escolha dessas áreas. Podem ser consideradas a aptidão socioeconômica, a proximidade às populações em vulnerabilidade social, e a aptidão físico-ambiental, considerando o tipo de solo, se sujeita à riscos de inundação e/ou deslizamento, quantidade de iluminação, direção dos ventos. Entre as ferramentas de apoio à implantação da horta, pode-se citar a identificação dos tipos de cultivo e elaboração do planejamento da rotação das culturas, bem como a manutenção desses espaços, com disseminação de tecnologias limpas de controle de pragas e doenças e o manejo adequado.

Conectando produtores e consumidores

Macaulay Souza é um engenheiro agrônomo que se inspirou em problemas de sua região, no Amazonas, e criou a Onisafra, uma startup que liga pequenos e médios produtores ao consumidor final. A startup caracteriza-se por uma plataforma em que são disponibilizados para venda frutas, legumes e verduras, que são entregues em domicílio. Além da opção de compra, é possível também realizar uma assinatura semanal ou quinzenal.

Apesar de já ter atendido a região de São Paulo, hoje a plataforma tem uma atuação focada na região Norte do Brasil. Na visão da empresa, ações preventivas, ao invés de reativas, são necessárias para combater atividades destrutivas na região. “Aqui no Amazonas, um produtor pode utilizar apenas 20% da sua área para atividades agrícolas. Vejo que muitas pessoas que têm interesse em obter uma licença, fazer tudo certinho, mas às vezes a burocracia é tão grande, que elas acabam desistindo e fazendo por si mesmas. Então, por exemplo, acho necessário desenvolver ferramentas que facilitam e agilizam esse processo.” Destaca-se que, tamanha a relevância de tal iniciativa, que essa passou a integrar um programa de aceleração do Fórum Econômico Mundial¹².

12. <https://forbes.com.br/forbes-money/2021/10/com-apoio-do-forum-economico-mundial-startup-onisafra-amplia-conexao-entre-produtores-rurais-e-consumidores/>.



Desafio 2.3 • Apoiar a diversificação de produtos e desenvolvimento de segmentos de mercado

Assim como a população dos centros urbanos gera uma demanda alimentar concentrada, a partir dela também ocorre um processo de segmentação dos mercados em geral e dos mercados alimentares em particular, visando atender diferentes anseios e demandas dos consumidores. Tal processo de segmentação tem dinamizado a crescente formação de nichos de mercado, sendo que alguns se desenvolvem a ponto de superar a condição de nicho e se tornar um importante segmento do mercado alimentar. Exemplo disto é o caso da produção de alimentos orgânicos na Europa, que já possui mais de 10% de sua superfície agrícola ocupada com esses produtos (Willer; Trávníček; Schlatter, 2024).

Uma outra questão, que pode ser vista como oportunidade, é o consumo de alimentos da sociobiodiversidade. Alimentos da sociobiodiversidade são definidos como produtos e serviços que colaboram com a diversidade biológica, cultural e justiça social dos territórios (MAPA, 2021a). Têm sido cada vez mais inseridos em iniciativas gastronômicas, que, à luz da ética na alimentação, podem ser entendidas como parceiras que promovem e valorizam esses alimentos. As tendências percebidas no cenário gastronômico contemporâneo indicam que há busca por alimentos locais, dos quais se sabe a procedência, alimentos de cadeias de valor, alimentos orgânicos e agroecológicos, e de cadeias de comércio justo e da agricultura familiar.

Na atual sociedade global, desenvolvida no período pós-moderno, onde as distâncias entre as comunidades parecem cada vez menores, se torna difícil encontrar hábitos culturais que ainda não tenham sido exportados. Nas últimas décadas, os avanços tecnológicos e o crescimento de um mercado mundial permitiram o intercâmbio não apenas de informações ou produtos, mas também de comportamentos e hábitos culturais. O transporte de alimentos de seu local de origem para qualquer outro local do globo é hoje uma realidade bastante comum, permitindo que diferentes povos tenham acesso ao mesmo tipo de produto. Contudo, as exatas configurações físicas, sociais e simbólicas que envolvem o consumo de determinado alimento em seu local de origem dificilmente podem ser reproduzidas em todos os destinos para onde este alimento viaja. Este fato pode, muitas vezes, transformar o contato que os indivíduos têm com este alimento, não somente em um novo local, mas também em seu local de origem, gerando rupturas, mudanças simbólicas, comportamentais, econômicas e sociais.



Como a CT&I pode contribuir

Promover e apoiar o mapeamento dos alimentos da sociobiodiversidade e do seu potencial de comercialização; apoiar o desenvolvimento de cadeias produtivas sustentáveis dos alimentos da sociobiodiversidade; apoio ao desenvolvimento de cadeias de comercialização e desenvolvimento de ferramentas com vistas a promover o levantamento contínuo e sistemático e a organização de informações sobre os produtos da sociobiodiversidade. Outra demanda é o desenvolvimento de metodologias de proteção social e econômica para contornar as consequências indesejadas da globalização de alimentos.

Como na maior parte dos desafios, também neste o desenvolvimento de capital humano e o investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) é fundamental.

Produtividade e desafios sociais: A produção de açaí no Pará

No Brasil, 90,4% do açaí é produzido no Estado do Pará, que possui quase 50 empresas que comercializam o fruto para outros estados, representando mais de 1,7 milhão de toneladas do fruto (Fapespa, 2024). No Pará, um dos programas de desenvolvimento da cadeia produtiva é o Pró-Açaí, iniciativa estadual para enriquecer os açaizais dos agricultores de base familiar situados nas regiões de integração do Marajó e do Baixo Tocantins. O açaí é o fruto mais consumido na região Norte e é a base alimentar de diversas comunidades e populações, mas a alta demanda pelo fruto ameaça este hábito. Além disso, é comum que crianças trabalhem na colheita, prejudicando a assiduidade e desempenho escolar. É necessário criar e implementar soluções e tecnologias para a produção sustentável e justa dos alimentos.



Desafio 2.4 • Manutenção, fortalecimento e aprimoramento de programas relacionados à segurança alimentar (alimentação escolar, programa de aquisição de alimentos, bancos de alimentos, restaurantes e cozinhas populares)

Neste segmento, deve-se destacar o papel dos programas de alimentação escolar. Os Programas de Alimentação Escolar (PAEs) são ações privilegiadas de política social no âmbito da segurança alimentar e nutricional, com impacto na área educacional e no desenvolvimento das localidades. No entanto, os programas de alimentação escolar têm sua implementação frágil e não têm chegado à população que mais necessita. Os PAEs são capazes de gerar meios para desenvolver a produção local, desvinculando-a de crises setoriais e mantendo regularidade nas rendas da comunidade, ao mesmo tempo em que se garante o abastecimento alimentar. Em cenários de alta nos preços dos alimentos, a dinamização local por meio da agricultura familiar pode ser um caminho para evitar crises de abastecimento e falta de produtos essenciais à alimentação. Também promove a igualdade de gênero, ajudando a atrair e manter as meninas na escola. Um total de quase 20 países da América possui programas de alimentação escolar; porém, muitos programas não passam de pequenas ajudas que são transferidas a certas escolas de regiões carentes em algumas épocas do ano. Em outros casos, a quantidade de alimentos utilizada nas merendas é tão pequena que proporciona baixos resultados em termos nutricionais (WFP; BID, 2022).

Da mesma forma, equipamentos públicos que servem refeições (hospitais públicos, quartéis, restaurantes populares e universitários e cozinhas populares) podem se conectar à produção local de alimentos, e gerando os mesmos benefícios: apoio à agricultura e aos mercados locais, ao mesmo tempo que podem melhorar a saúde e a nutrição e mais empregos locais, impulsionando o crescimento econômico, tornando as comunidades mais resilientes (Instituto Escolhas; Cátedra Josué de Castro, 2024).

Outro aspecto é a importância das compras públicas inovadoras e de inovação. A primeira trata de mecanismos inovadores de compras para viabilizar uma contratação não convencional. A segunda se refere ao produto ou serviço comprado, que deve promover inovação no setor público podendo ou não envolver um produto ou serviço tecnológico. Podemos exemplificar o Programa Nacional de Alimentação Escolar brasileiro que estabelece de regras do processo de contratação dos fornecedores que podem aumentar a efetividade da realização do direito à alimentação e nutrição adequadas dos estudantes de escolas públicas, bem como podem catalisar a ampliação do mercado de alimentos, em particular por expandir fontes de alimentos in natura, mais saudáveis do ponto de vista nutricional. Merece destaque especial, a norma a simplificação do processo de contratação e a obrigatoriedade de aquisição de 30% dos alimentos para merenda escolar de produtos produzidos pela agricultura familiar, povos indígenas e quilombolas (Brasil, 2009).



Como a CT&I pode contribuir

A CT&I pode atuar no apoio ao desenvolvimento de plataformas e aplicativos para gestão e execução dos programas de produção de refeições; desenvolvimento de plataformas para avaliação da execução dos programas (por exemplo em relação ao cumprimento da legislação e de boas práticas); desenvolvimento de tecnologias educacionais para gestores e executores do programa (diretores, professoras, merendeiras); seleção de alimentos, inclusive da sociobiodiversidade local; desenvolvimento de referenciais e arranjos jurídicos e institucionais para operacionalização de compras públicas para consecução de objetivos de políticas públicas e de programas governamentais.

Acompanhamento em tempo real da merenda escolar

O Sistema de Acompanhamento do Programa na Escola (APE-eletrônico)¹³, desenvolvido pela Celepar, em parceria com a Secretaria da Educação (SEED) do Governo do Paraná, tornou possível acompanhar, em tempo real, todos os produtos que entram e saem dos estoques de merenda das escolas. A ferramenta reúne informações da alimentação dos 1,3 milhão de estudantes da rede estadual oriundas das 2.500 escolas estaduais e conveniadas do Paraná. Antes do desenvolvimento do sistema, as escolas tinham que preencher manualmente planilhas com as informações de controle de estoque da merenda. O levantamento era encaminhado até o quinto dia útil do mês ao Núcleo de Educação e chegava ao setor de Logística e Infraestrutura da Secretaria da Educação 30 dias depois. Desde 2014, os responsáveis pelos estoques da merenda nas escolas preenchem os dados no sistema e a informação fica disponível, em tempo real, para os Núcleos Regionais de Educação e para a equipe de Alimentação Escolar da Secretaria. De acordo com a secretária de Infraestrutura e Logística da Secretaria de Educação, esse sistema permite, a partir da informação em tempo real, serem realizados ajustes, antecipando problemas. Esse sistema permite que os dados sejam filtrados, saber quais são os alimentos mais consumidos e o cardápio mais bem aceito em cada uma das escolas da rede.

13. <https://www.celepar.pr.gov.br/Noticia/Sistema-eletronico-facilita-controle-dos-estoques-da-merenda-escolar>.



2.3 • Utilização: CT&I para utilização dos recursos naturais para assegurar a segurança alimentar e o desenvolvimento econômico

A utilização remete à dimensão biológica do aproveitamento dos alimentos pelos indivíduos e famílias, que resultem em boa nutrição e bom estado nutricional, mas também do uso e acesso à água e saneamento, tratados anteriormente, e acesso a cuidados de saúde. No entanto, podemos também pensar no acesso e uso dos recursos naturais, e ligá-lo tanto às pressões oriundas da emergência climática quanto ao potencial que representam para o desenvolvimento econômico de cada país. A seguir, estão descritos os principais desafios identificados na ALC relacionados à utilização.

QUADRO 3 • DESAFIOS E NECESSIDADE DE AÇÕES APOIADAS PELA CT&I PARA A UTILIZAÇÃO

DESAFIO	NECESSIDADE DE AÇÕES APOIADAS PELA CT&I
3.1. Apoio às escolhas individuais para uma alimentação saudável e sustentável	Desenvolver estratégias e interfaces de comunicação sobre alimentação saudável e sustentável
	Apoiar a elaboração e implementação de guias alimentares
	Fomentar estratégias e programas para suprir a falta de informações sobre alimentos saudáveis e sustentáveis/ Disseminação de conhecimento de alimentos nutritivos
3.2. Identificação da localização das pessoas em situação de maior vulnerabilidade à insegurança alimentar	Desenvolver interfaces e plataformas computacionais amigáveis que possam ajudar os gestores na identificação das pessoas em vulnerabilidade à insegurança alimentar, inclusive considerando os territórios em detalhes, como, por exemplo, bairros em grandes cidades
3.3. Diminuição do desperdício de alimentos e estimular a economia circular	Desenvolver métodos e tecnologias que diminuam o desperdício de alimentos e de recursos em todo o sistema alimentar
	Apoiar o desenvolvimento de empreendimentos com a abordagem da economia circular
	Desenvolver plataformas online conectando produtores, distribuidores, varejistas e consumidores na área de alimentação e restauração

Fonte: Elaborado pelos autores.



Desafio 3.1 • Apoio às escolhas individuais para uma alimentação saudável e sustentável

Garantir o acesso físico aos alimentos não é a única estratégia necessária para o alcance da segurança alimentar e nutricional, visto que a escolha alimentar também é um ponto crítico, tanto para o estado nutricional e desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis, quanto do ponto de vista ambiental. Nesse sentido, a produção e disseminação de guias alimentares para a população é fundamental para orientar que escolhas saudáveis e sustentáveis possam ser feitas em âmbito individual.

Como a CT&I pode contribuir

Desenvolvimento de estratégias e interfaces de comunicação sobre alimentação saudável e sustentável; apoio à elaboração e implementação de guia alimentares; desenvolvimento de aplicativos para apoio a escolhas para uma alimentação saudável e sustentável.

Tecnologia para Escolhas Alimentares Conscientes

O desenvolvimento de aplicativos que auxiliem o consumidor a fazer escolhas mais conscientes é fundamental. Um exemplo de iniciativa consolidada é o aplicativo Desrotulando¹⁴, que se trata de um aplicativo que avalia a qualidade nutricional dos alimentos de acordo com as recomendações da segunda edição do Guia Alimentar para a População Brasileira. Para tanto, considera a lista de ingredientes dos produtos e a análise de nutrientes críticos, com obtenção de uma nota para cada alimento. Assim, no momento da compra, o consumidor pode ter ideia do potencial de saudabilidade de cada alimento.

14. <https://www.desrotulando.com/>.



Desafio 3.2 • Identificação e localização das pessoas em situação de maior vulnerabilidade à insegurança alimentar

A utilização de dados secundários como proxy para avaliação da situação de segurança alimentar é uma ferramenta de avaliação da distribuição geográfica da insegurança alimentar em determinado território ou país. Isso ganha maior proeminência no tema aqui debatido principalmente ao considerar os dados de cadastros voltados, exclusivamente, para a cobertura de pessoas/famílias de baixa renda.

Como a CT&I pode contribuir

Desenvolvimento de interfaces e plataformas amigáveis que possam ajudar os gestores na identificação das pessoas em vulnerabilidade à insegurança alimentar, inclusive considerando os territórios em detalhes, como, por exemplo, bairros em grandes cidades.

Identificação e Localização de Vulneráveis à Insegurança Alimentar

No caso do Brasil, o CadÚnico permite conhecer as características socioeconômicas das famílias e pessoas incluídas em sua base, bem como saber quais famílias são beneficiárias do Programa Bolsa Família. São elegíveis ao Programa Bolsa Família as famílias inscritas no Cadastro Único em situação de pobreza, com renda per capita mensal inferior a R\$ 218,00 (duzentos e dezoito reais). Todavia, a distribuição desigual de recursos pode estar associada à insegurança alimentar, visto que a renda tem importante relação com esse desfecho (Jesus; Hoffmann; Miranda, 2024). No mais, identificar as famílias em situação de vulnerabilidade social e a alocação de recursos para essas áreas é fundamental para que a distribuição de renda possa ser efetiva.



Desafio 3.3. Diminuição do desperdício de alimentos e estimular a economia circular

O fato de quantidades substanciais de alimentos serem produzidas, mas não consumidas pelos seres humanos tem impactos negativos substanciais: ambientais, sociais e econômicos. As estimativas sugerem que 8% das emissões globais de gases de efeito de estufa estão associadas a alimentos que não são consumidos (United Nations, 2024). A redução do desperdício alimentar a nível do varejo, dos serviços de alimentação e das famílias pode proporcionar benefícios multifacetados tanto para as pessoas como para o planeta. No entanto, a verdadeira escala do desperdício alimentar e os seus impactos não foram bem compreendidos até agora.

Como tal, as oportunidades proporcionadas pela redução do desperdício alimentar permanecem em grande parte inexploradas ou subexploradas. É preciso aumentar os esforços para medir o desperdício de alimentos e partes não comestíveis em seus vários níveis (produção, varejo e consumidor). Só com dados confiáveis será possível acompanhar o progresso na meta 12.3 dos ODS (ONU, 2015), que visa reduzir pela metade o desperdício alimentar global per capita, a nível do varejo e do consumidor, e reduzir as perdas alimentares ao longo das cadeias de produção e de abastecimento, incluindo perdas pós-colheita. Segundo o Food Waste Index Report (UNEP, 2021), se a perda de alimentos e o desperdício alimentar fossem um país, ele seria a terceira maior fonte de emissões de gases com efeito de estufa. O desperdício alimentar também sobrecarrega os sistemas de gestão de resíduos e amplia a insegurança alimentar, tornando-o um importante contribuinte para as crises enfrentadas atualmente.

Já a economia circular é um conceito que associa desenvolvimento econômico a um melhor uso de recursos naturais, por meio de novos modelos de negócios e da otimização nos processos de fabricação com menor dependência de matéria-prima virgem, priorizando insumos mais duráveis, recicláveis e renováveis. A economia circular implica na redução do desperdício ou dos resíduos ao mínimo. Quando um produto chega ao fim do seu ciclo de vida, os seus materiais são mantidos dentro da economia sempre que possível graças à reciclagem. E podem, deste modo, ser utilizados uma e outra vez, o que permite criar mais valor (CNI, 2024). A economia circular contrasta com o modelo tradicional, o modelo econômico linear baseado no princípio “produz-utiliza-joga fora”. Este modelo exige vastas quantidades de materiais a baixo preço e de fácil acesso e muita energia.

Como a CT&I pode contribuir

O potencial para a contribuição da CT&I é muito grande, especialmente por meio da ciência de dados e da IA. Podem ser citados, por exemplo, o desenvolvimento de tecnologias para a redução do desperdício em todas as etapas do sistema alimentar, incluindo a produção, transporte e consumo em nível doméstico. Outro ponto de destaque é a aproximação de pequenos produtores e consumidores, por meio do desenvolvimento de aplicativos e iniciativas que conectam esses atores.



Dá-se ênfase também para a regulação necessária a este setor; o desenvolvimento de modelos de negócios sustentáveis; a circularidade dos processos produtivos; o suporte aos agentes nacionais/locais; e uso de tecnologias digitais e desenvolvimento de novos materiais (P&D).

Startups na luta contra o desperdício alimentar

No Brasil, podem-se citar algumas startups que estão promovendo o encontro de quem tem o que doar (ou vender) com quem pode receber (ou pagar por) esses alimentos. São elas:

Connecting Food: A Connecting Food¹⁵ é uma startup de impacto social que usa tecnologia para conectar alimentos que não têm mais valor comercial e que ainda podem ser consumidos a uma rede de organizações sociais que podem redistribuí-los para quem precisa. Segundo a empresa, a doação de alimentos gera a seus clientes do varejo ou da indústria redução de custos na gestão de resíduos, otimização das operações, conscientização a respeito do desperdício de alimentos, captura de incentivos fiscais e melhora na gestão de estoque. A Connecting Food é uma das empresas que participam Movimento Todos à Mesa e é responsável pela inteligência na gestão e na redistribuição dos alimentos doados.

Food to Save: A Food to Save¹⁶ oferece três tipos de “sacolas surpresa” com alimentos que estão próximos da data de vencimento (ou vida útil), com um desconto de 70% em comparação ao preço usual. Os consumidores baixam um aplicativo e lá escolhem o estabelecimento onde querem comprar (restaurantes, padarias ou hortifruti) os itens excedentes para montar as sacolas e enviá-las a um novo destino. Segundo a empresa, mais de 300 toneladas de alimentos foram salvas em vez de ir para um aterro sanitário e evitou-se a emissão de 750 toneladas de CO₂.

Comida Invisível: Comida Invisível¹⁷ é uma startup social que promove o encontro entre doadores e receptores de alimentos. Nela, pessoas físicas, além de ONGs e empresas, também podem acessar a plataforma de doações. A empresa é certificada pela FAO. Além da redução do desperdício, a startup tem como objetivos melhorar a distribuição de alimentos e diminuir a emissão de gases do efeito estufa. Empresas doadoras podem contratar planos que trazem informações sobre como gerir melhor suas perdas e desperdício, além de salvar alimentos que não serão mais comercializados de irem para o lixo. A startup tem ainda um braço educacional com cursos, receitas, informações e dicas de redução de desperdício de alimentos.

15. <https://connectingfood.com>.

16. <https://foodtosave.com.br>.

17. <https://app.comidainvisivel.com.br>.



2.4 • Estabilidade: CT&I garantindo que as famílias tenham segurança alimentar em todos os momentos

A estabilidade é satisfeita quando há acesso permanente a alimentos de qualidade, e diz respeito à manutenção sustentável da produção de alimentos, transporte e distribuição. Os principais desafios desse pilar estão apresentados no Quadro 4.

QUADRO 4 • DESAFIOS E NECESSIDADE DE AÇÕES APOIADAS PELA CT&I PARA A ESTABILIDADE

DESAFIO	NECESSIDADE DE AÇÕES APOIADAS PELA CT&I
4.1. Ausência de dados para apoiar a produtividade e tomada de decisão	Organizar e disponibilizar dados e informações sobre os biomas (América Latina) e sua diversidade biológica por meio do Sistema de Informações sobre a Biodiversidade na América Latina na forma de pactos contratuais internacionais
	Apoiar a construção de um Programa Latino-Americano de Formação à Pesquisa Intercultural em Biodiversidade
	Fomentar estudos de coprodução e/ou colaboração de pesquisa entre populações tradicionais e cientistas, para o fortalecimento de sistemas alimentares tradicionais e a valorização das cadeias de valor da sociobiodiversidade e da agrobiodiversidade
4.2. Dissociação da produção agrícola da degradação do ecossistema	Implantar programas de rastreamento aprimorados que garantam que as produções sejam livres de desmatamento e alinhem as práticas de produção aos padrões de sustentabilidade das principais regiões de importação, como a iniciativa da União Europeia da rede de suprimentos livre de desmatamento
	Desenvolver ferramentas computacionais e processos seguros e confiáveis que permitam aos consumidores saber de onde os seus alimentos vieram e qual o impacto ambiental de sua produção
4.3 Fortalecer o sistema institucional (institutos tecnológicos e centros de P&D)	Apoiar a implantação de centros de inteligência e inovação orientados a missões
	Apoiar a formação técnica e profissional para inclusão produtiva
	Assegurar estrutura educacional que valorize e inclua a diversidade cultural nos processos de formação técnica e profissional e seu acesso continuado

Fonte: Elaborado pelos autores.



Desafio 4.1 • Ausência de dados e ferramentas para apoiar a tomada de decisão nas atividades agrícolas e demais etapas da cadeia produtiva (ou cadeia de valor)

O acesso aos dados é condição indispensável para a elaboração de diagnósticos que expressem a realidade em suas mais diferentes dimensões, contribuindo, dessa maneira, para o delineamento de políticas públicas mais efetivas e o monitoramento das suas ações e metas. Entretanto, a revolução dos dados tem estado predominantemente focada em níveis nacional e internacional, negligenciando os níveis subnacionais e locais (Jain; Espey, 2022). Isso ocorre, dentre outros motivos, pela insuficiência de recursos financeiros e capacidade técnica em esferas locais para gerar dados pertinentes, o que frequentemente resulta em dados não desagregados o suficiente para direcionar a atenção a grupos populacionais vulneráveis, prejudicando o cálculo de indicadores necessários à execução de políticas voltadas à redução das iniquidades (Jain; Espey, 2022). Para a produção de bons dados e de indicadores atualizáveis, também é necessário o desenvolvimento de interfaces amigáveis, democratizando o acesso à informação entre técnicos, gestores e a sociedade civil.

O mesmo se aplica para embasar a tomada de decisão pelos atores responsáveis por cada atividade ao longo da cadeia de valor, desde a produção no campo. As decisões envolvem inúmeras variáveis e dados de diversas fontes que em geral não estão à disposição. Frequentemente os dados apresentam problemas quanto à acessibilidade, qualidade, à falta de padronização, de continuidade, entre outros. A ciência de dados e a IA possuem um papel muito importante para auxiliar na articulação das atividades que visam à superação desses desafios.

O objetivo final é a disponibilização de ferramentas de análise e auxílio à tomada de decisão, permitindo a avaliação de diversos cenários considerados relevantes pelos diferentes atores envolvidos, incluindo cenários de mudanças climáticas. Para se chegar a esse objetivo, porém, há uma série de etapas que devem ser conduzidas, tendo por premissas as perguntas às quais se quer responder, o problema específico que se quer compreender e resolver.

Como a CT&I pode contribuir

Tornar os dados acessíveis é um ponto essencial. Iniciativas de sucesso nesse sentido demandam a participação dos diversos atores envolvidos na geração, custódia e uso dos dados. A Open Government Partnership¹⁸, é uma iniciativa internacional da qual diversos países participam, e que pode alavancar essa questão. No Brasil, é liderado pela Controladoria Geral da União¹⁹,

18. <https://www.opengovpartnership.org>.

19. <https://www.gov.br/cgu/pt-br/governo-aberto/iniciativas-de-governo-aberto/organizacoes-da-sociedade-civil/de-a-a-z/gofair-brasil>.



e opera a partir de planos plurianuais com temas escolhidos, dentre os quais o agropecuário já foi tema. A GO FAIR²⁰ é outra iniciativa global para dados abertos, desta vez liderada pela sociedade civil. Um dos eixos temáticos é o setor agropecuário, e o Brasil faz parte por meio da GO FAIR Brasil²¹. Apoiar essas iniciativas é um importante caminho para tornar os dados localizáveis, acessíveis, interoperáveis e reutilizáveis (FAIR - Findable, Accessible, Interoperable, Reusable, no inglês) (ResearchHub, 2024).

Além disso, uma série de outras iniciativas podem ser mencionadas:

- Apoiar o desenvolvimento e manutenção de repositórios de dados de interesse, com interfaces amigáveis para acesso aos dados, incluindo interfaces máquina-máquina, recursos para a continuidade dos programas de processos de obtenção dos dados, e geração de indicadores. Fazer valer a legislação que garante acesso a dados públicos, como a Lei de Acesso à Informação, no Brasil;
- Apoiar o desenvolvimento de pesquisas em frameworks computacionais que compilem, organizem dados, e proporcionem ferramentas de análise e apoio à tomada de decisão;
- Organizar e disponibilizar dados e informações sobre os biomas (América Latina) e sua diversidade biológica por meio do Sistema de Informações sobre a Biodiversidade na América Latina na forma de pactos contratuais internacional;
- Apoiar a construção de um Programa Latino-Americano de Formação à Pesquisa Intercultural em Biodiversidade;
- Fomentar estudos de coprodução e/ou colaboração de pesquisa entre populações tradicionais e cientistas, para o fortalecimento de sistemas alimentares tradicionais e a valorização das cadeias de valor da sociobiodiversidade e da agrobiodiversidade.

Compartilhamento de dados para reduzir a insegurança alimentar

“Dados pro Bem” visa o desenvolvimento de infraestrutura computacional (plataforma web com métodos de armazenagem, de busca e análise) aberta e dedicada a iniciativas de redução da insegurança alimentar e nutricional. Focaliza no compartilhamento de dados de diversos tipos (com fontes de informações de várias regiões e países disponibilizados por parceiros) e de tecnologias de mineração e análise de dados complexos. Espera-se que parceiros com demandas por infraestrutura computacional e métodos de análise possam contribuir com informações ou dados e que tenham como retorno uma plataforma de uso comum, que seja uma referência e auxilie na construção de políticas públicas e ações sociais para aumento da segurança alimentar e nutricional.

20. <https://www.go-fair.org>.

21. <http://go-fair-brasil.ibict.br>.



Desafio 4.2 • Dissociação da produção agrícola da degradação do ecossistema

A inovação nas técnicas produtivas, a mecanização e a utilização de insumos para melhorar a produtividade e diminuir as perdas por causas naturais provocaram significativos impactos no meio ambiente. O desmatamento da área a ser cultivada constitui talvez o primeiro impacto da produção agrícola. O terreno a ser cultivado precisa estar limpo para que se possa fazer a preparação do solo e o plantio das sementes e mudas. Entretanto, esse é apenas um dos impactos ambientais possíveis de serem gerados pela agricultura: uso combustíveis fósseis no maquinário agrícola, como o óleo diesel, que amplia a poluição atmosférica; poluição dos solos e da água em virtude da utilização de insumos agrícolas, como adubos químicos, corretivos do solo, pesticidas; diminuição da biodiversidade por causa do uso pesticidas, do desmatamento e da monocultura; erosão causada pela irrigação e manejo inadequado dos solos. Além disso, a retirada da mata ciliar para o plantio pode ocasionar o assoreamento dos rios; exaustão dos mananciais de água doce. É necessário conhecer e dimensionar os impactos da atividade agropecuária para buscar e desenvolver soluções necessárias.

Os riscos e perigos associados à degradação ambiental tendem a ter maior impacto sobre perfis mais expostos. Entre esses, podem-se citar as mulheres e os trabalhadores em grupos em situações de vulnerabilidade em países de baixo e médio rendimento, sejam eles da economia informal, migrantes, pessoas em situação de pobreza, povos indígenas ou outros grupos desfavorecidos. Nesse sentido, é preponderante o papel da CT&I para o desenvolvimento de alternativas sustentáveis, freando o ciclo vicioso de desigualdade (Climate Just, 2024).

Como a CT&I pode contribuir

Apoio ao desenvolvimento e implantação de programas de rastreamento aprimorados que garantam que as produções sejam livres de desmatamento e alinhem as práticas de produção aos padrões de sustentabilidade das principais regiões de importação, como a iniciativa da União Europeia da rede de suprimentos livre de desmatamento. Apoio ao desenvolvimento e avaliação de políticas públicas, programas de monitoramento e implementação de práticas agrícolas favoráveis à biodiversidade.

Estudos e criação de técnicas que buscam diminuir os impactos ao meio ambiente são cada vez mais comuns, como o reúso da água na agricultura e o incentivo à produção de alimentos e matéria-prima por meio da agricultura orgânica, além do incentivo à utilização de fertilizantes e defensivos biológicos. Essas iniciativas fomentam a necessidade de menores impactos ambientais da produção agrícola.



Cacau do Equador

A Amazônia equatoriana abriga habitantes de 10 nacionalidades indígenas, um terço da população desta região, e conta com 17 reservas naturais protegidas que cobrem 26% do território. Nesta região, o cultivo sustentável do cacau tem ganhado importância como uma atividade geradora de rendimentos livre de deflorestação para os agricultores locais. No entanto, o desafio de encontrar mercados com melhores preços é fundamental para permitir que as famílias sejam economicamente sustentáveis, o que também promove a sustentabilidade social e ambiental, uma vez que impede a expansão da área de produção para a floresta.

Isto também é entendido pelo PROAmazonía, o Programa Integral da Amazônia para a Conservação e Sustentabilidade Florestal do Ministério do Meio Ambiente e Águas e do Ministério da Agricultura e Pecuária do Equador²², implementado com o apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). O PROAmazonía, financiado pelo Fundo Verde para o Clima e pelo Fundo para o Meio Ambiente Global, trabalha pela redução das emissões de gases de efeito estufa, pela conservação das florestas e pela transição para a produção sustentável de cacau, café, óleo de palma e pecuária na Região Amazônica. Para tanto, a PROAmazonía trabalha com 26 associações de produtores, das quais 10 representam cerca de sete por cento da produção de cacau amazônica. O trabalho está centrado na melhoria da qualidade, produtividade, sustentabilidade e rastreabilidade em toda a cadeia produtiva dessas commodities. Os esforços da PROAmazonía para promover a sustentabilidade na produção de cacau incluem a identificação de nichos de mercado para o cacau amazônico sustentável, o treinamento de associações em sistemas de controle interno, finanças e condições administrativas; organização de eventos de conscientização, desenvolvimento de uma plataforma sustentável de produção de cacau e ajuda a mapear perímetros agrícolas para monitorar a cobertura florestal e a degradação florestal para comprovar uma produção sem desmatamento.

22. <https://www.proamazonia.org/en/cacao-amazonico-sostenible-libre-de-deforestacion>.



Desafio 4.3 • Fortalecer o sistema institucional para desenvolvimento da CT&I (institutos tecnológicos e centros de P&D)

O panorama da pesquisa na América Latina mostra um aumento significativo na produção científica da região. A produção de publicações latino-americanas em 1981 em revistas indexadas na Web of Science foi de 5.655 artigos, aumentando para 156.000 artigos em 2020, um incremento significativo em um período de 40 anos. Usando as cifras de 1981 como base, o crescimento da atividade e publicações de pesquisa foi maior na América Latina do que em qualquer outra região até meados dos anos 2000. No entanto, a colaboração regional é uniformemente baixa. O crescimento geralmente leva ao aumento da capacidade que pode sustentar uma distribuição de investimento em uma gama mais ampla de objetivos. Isso se aplica tanto à pesquisa quanto a outras atividades econômicas. Tanto o aumento da capacidade nacional quanto o aumento da colaboração internacional contribuem para a oportunidade de desenvolver competências em uma ampla gama de tópicos e, assim, abordar um maior número de desafios tecnológicos, sanitários, econômicos e sociais (Adams et al., 2021). Fica claro, a partir destes números, o potencial e o desafio para a produção científica e tecnológica da região, a ser superado por: apoio a centros de pesquisa e universidades; indução de pesquisas voltadas à missão; apoio à formação de pessoal qualificado; transferência de tecnologia.

O apoio ao desenvolvimento de centros de pesquisa é uma das estratégias fundamentais para resultados em CT&I, com previsão de financiamento de grande porte e de longo prazo, que permita não só o alcance de objetivos de pesquisa e a consolidação da equipe, mas conferir maior escala à pesquisa científica e tecnológica. A característica mais importante em centros de pesquisa inovadores deve ser a multiplicidade de suas missões, focada em temas específicos ou objetivos. Além da missão principal de desenvolver investigação fundamental ou aplicada, os Centros devem ativamente procurar oportunidades para contribuir para a inovação, por meio do desenvolvimento de formas eficazes de transferência de tecnologia, além de oferecer atividades para formação e capacitação e atividades de extensão para públicos específicos ou para o público em geral. Para isso, é fundamental que os marcos legais para a relação entre os centros de pesquisa e o setor produtivo sejam claros e propiciem uma forte interação, tratando de questões sensíveis como propriedade intelectual, investimentos, formas de participação de pesquisadores em projetos com as empresas, pesquisadores empreendedores, entre outros.

Uma das áreas para apoio e indução da CT&I em segurança alimentar é a de IA e ciência de dados. Elas podem contribuir grandemente para o desenvolvimento de ferramentas de análise e apoio à tomada de decisão em todas as atividades e componentes dos sistemas alimentares. A complexidade dos sistemas com suas múltiplas facetas e suas interrelações, a grande diversidade e heterogeneidade de dados, o fato de estarem distribuídos por diversas instituições, são alguns desafios para que se possa operar sobre eles em conjunto. A IA e a Ciência de Dados podem



auxiliar no processo de busca, padronização e integração dos dados, bem como na criação de modelos e ferramentas de análise para apoio à tomada de decisão.

Como a CT&I pode contribuir

O apoio e financiamento ao setor de CT&I, contínuo e de longo prazo, é crucial para o desenvolvimento da região e para fomentar a redução das desigualdades. Tendo como missão o enfrentamento dos grandes problemas da sociedade e estando baseados em redes de pesquisa liderados por pesquisadores e instituições de reconhecida competência nacional e internacional, permite que os especialistas possam se dedicar às atividades de pesquisa, ensino e extensão. Isso, entretanto, só pode ser alcançado com orçamento compatível e planejamento de execução flexível e responsável, com apoio à gestão administrativa e financeira por profissionais capacitados.

Nesse sentido, um dos pilares é o apoio à estrutura educacional que permita o desenvolvimento a capacitação técnica do capital humano, com visão ampla e formação robusta para o apoio às atividades necessárias. Promover a concessão de bolsas e outras formas de remuneração compatíveis com as atividades dos pesquisadores, acima dos que usualmente se pratica (bolsas quase de subsistência) é uma das alternativas para endereçar essa problemática.

Além disso, promover a efetiva implantação de marcos regulatórios para a participação conjunta de centros de pesquisa e setor produtivo em projetos pode ser interessante, de forma a reduzir ruídos que historicamente se fazem presente nesse tipo de relação. Com isso, sendo possível, por exemplo, a participação de pesquisadores de órgãos públicos em projetos, permitindo a remuneração adicional quando aplicável; novas formas de parceria entre centros públicos e a iniciativa privada; resolução de questões relacionadas à propriedade intelectual; bem como permitir que diferentes formas de investimento fluam em ambas as direções.

Outro ponto de suma importância é assegurar a perenidade das fontes de receita de agências públicas de fomento à educação e CT&I, blindando-as de iniciativas de ocasião que possam comprometer os recursos disponibilizados em prol de atender interesses escusos ou de curto prazo. Com isso, assegura-se a continuidade de programas que visem apoiar e dar acesso à educação formal, à educação técnica e formação profissional continuada para todos, inclusive à população rural e de menor poder aquisitivo.

Somado a esses esforços, a colaboração dentro da região, bem como com o restante do mundo, tem o potencial de melhorar a qualidade da pesquisa científica, acelerar o acesso a novos mercados e permitir a divisão dos custos financeiros da pesquisa, além de fortalecer vínculos entre universidades, centros de pesquisa, empresas e governos. É fundamental a articulação entre as várias agências e políticas públicas, a colaboração ativa entre as várias esferas de governo e setores privados e da sociedade civil, para a difusão e incorporação de tecnologias, sejam de baixa ou alta complexidade, incluindo as tecnologias sociais.



Centros de Inteligência e Ciência para a agricultura

Centro de Inteligência Artificial, C4AI-AgriBio: O Centro de Inteligência Artificial, C4AI²³, foi criado em 2020 com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), da IBM e da Universidade de São Paulo, e tem um eixo de pesquisa, AgriBio, voltado especificamente para os desafios da agricultura sustentável, do combate à fome e da emergência climática. Tem atuado em P&D em temas como padronização de dados no setor agrícola, integração de dados, e modelos multicritérios e multiobjetivos para a tomada de decisão.

Centro de Ciência para o Desenvolvimento da Agricultura Digital: O avanço no uso de tecnologias digitais é apontado como um dos fatores determinantes para que a agricultura brasileira mantenha sua capacidade produtiva de maneira sustentável, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental e social. A participação de pequenos e médios produtores rurais neste processo de transformação no campo é fundamental. Para isso a Embrapa, vinculada ao Ministério da Agricultura e Pecuária, e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) inauguraram o Centro de Ciência para o Desenvolvimento em Agricultura Digital (CCD-AD/SemeAr)²⁴. Sua missão é atuar na pesquisa, desenvolvimento e inovação em tecnologias emergentes visando à inclusão de pequenos e médios produtores rurais. Entre as ações previstas, está o estabelecimento de Distritos Agro Tecnológicos (DATs), em diferentes regiões do País, para a promoção de soluções de conectividade em áreas rurais e a inserção de tecnologias digitais em processos de produção agropecuária, envolvendo, por exemplo, aplicações em IA e sensoriamento remoto, automação e agricultura de precisão, rastreabilidade e certificação.

23. <https://c4ai.inova.usp.br/research.html#agribio>.

24. <https://web3news.com.br/noticia/541/embrapa-e-fapesp-lancam-projeto-em-agricultura-digital-focado-em-pequeno-e-medios-produtores-rurais>.



3 • Recomendações finais

Como pode ser observado ao longo deste documento, há uma série de desafios que a ALC enfrenta, como os problemas tecnológicos, sociais e de saúde; desigualdades econômicas e questões ambientais. Tais desafios são demandas para a pesquisa e geram necessidades e oportunidades para o desenvolvimento tecnológico e de inovação em bases sustentáveis.

Antes da pandemia já se desenhava piora na situação de segurança alimentar. Entretanto, conseqüente ao impacto pandêmico, a situação recrudescceu. A superação deste quadro, e o alcance da ODS2 (fome zero e agricultura sustentável), só serão possíveis com ações estruturantes e que olhem para os seus determinantes de forma ampla. No bojo da situação estão as mudanças necessárias no sistema alimentar, que é tanto causa como consequência das condições de má nutrição e da emergência climática que estamos vivenciando.

Nesse cenário, para o desenvolvimento sustentável e a qualidade de condições de vida para a população da ALC, é necessário o **investimento em infraestrutura urbana, periurbana e rural**. Acreditamos que, até o momento, recursos inovadores, como a **Inteligência Artificial** e a **ciência de dados**, foram subutilizados na promoção da segurança alimentar em função da disponibilidade, do acesso, da utilização e da estabilidade. A seguir, estão elencadas algumas ações de curto e médio prazo que podem ser aplicadas ou aprimoradas em países da ALC visando a redução da insegurança alimentar.

a) Estrutura de P&D

- Criação ou fortalecimento da estrutura de P&D nos níveis nacionais e regionais, para dar suporte a aplicações de CT&I para superar problemas específicos e coordenação logística;
- Indução da formação de redes de pesquisa e colaboração, transdisciplinares, voltadas a missão, e que tenham, além de desenvolvimento de pesquisa, o compromisso de transferência tecnológica para a sociedade e formação de capital humano.

b) Difusão e adoção de tecnologia

- A difusão para adoção de novas tecnologias é um ponto fundamental. Há um esforço no desenvolvimento, mas é necessário que sejam feitas ações para disseminação e adoção;
- Apoiar o desenvolvimento de tecnologias de baixa intensidade que provaram ser eficazes, que podem ser mais facilmente divulgadas e de fácil utilização, como é o programa de cisternas brasileiras, exemplificado no texto;



- O acesso à internet de qualidade, com conexão estável, é um ponto fundamental para as atividades da cadeia de valor. Muitas etapas se beneficiam de recursos que utilizam a internet, desde a gestão da produção até a logística e comercialização. Além do acesso, a capacitação para o uso desta tecnologia deve ser considerada;
- Formação de capacidades técnicas com aporte de recursos e implementação de estrutura para tanto. Engloba a **formação dos produtores agrícolas**, em particular os agricultores familiares e de pequeno porte, tanto para a incorporação de tecnologias inovadoras na agricultura quanto para a gestão, fortemente apoiadas pela IA e ciência de dados, mas também a **formação de técnicos para disseminação das tecnologias e capacitação** para seu uso.

c) Coordenação institucional entre agentes públicos

- É fundamental a articulação entre as várias agências e políticas públicas, a colaboração ativa entre as várias esferas de governo e setores privados e da sociedade civil, para a **difusão e incorporação de tecnologias**, sejam de baixa ou alta complexidade, incluindo as tecnologias sociais;
- Necessidade de apoio para fortalecer o sistema institucional para desenvolvimento da CT&I (institutos tecnológicos e centros de P&D) na ALC.

Percebe-se que existem muitas oportunidades para o desenvolvimento das várias atividades necessárias para a segurança alimentar dos povos da ALC. A solução para o problema da insegurança alimentar é complexa e demanda vontade política e articulação entre os vários setores da sociedade. De forma complementar, o enfrentamento da pandemia mostrou como a ciência pode ser mobilizada para a solução de problemas e, no contexto atual, deve ser mobilizada para o enfrentamento da grave situação de fome e insegurança alimentar que corrói vidas e destrói o potencial humano, comprometendo o presente e o futuro da sociedade.

Cabe destacar que, apesar de alguns temas não terem sido abordados, esses não são menos importantes: a garantia ao acesso à saúde; o papel da comunicação; a identificação dos gargalos na implementação das políticas públicas; a governança dos diversos programas executados por diferentes agências e em diferentes níveis (municipais, estaduais, federais); avaliação dos programas e correção de rumos; a transparência na definição e condução de políticas públicas; entre outros. Não foi a pretensão neste texto esgotar o assunto ou elencar os desafios segundo sua prioridade, mas sim mostrar a amplitude, a complexidade e as oportunidades dentro de cada dimensão da segurança alimentar, inspirando a reflexão e demonstrando as potencialidades de aplicação da CT&I para resolução desses problemas.

A construção de sistemas alimentares saudáveis é indissociável da formulação de políticas públicas que articulem as diversas partes desse ambiente complexo, desde a produção de alimentos, passando pela sua distribuição e comercialização e pelo consumo e descarte. Assim, para o enfrentamento eficaz do problema, é necessária a união de esforços multi e transdisciplinares,



com um conjunto de ações integradas e sistêmicas envolvendo conhecimentos interdisciplinares, como da agricultura, meio ambiente, urbanização, saúde, economia, comportamento, engenharia, nutrição, comunicação, políticas públicas, e diversos outros setores da sociedade.

A solução dos muitos desafios para se atingir a segurança alimentar passa inevitavelmente pela CT&I, pois é por meio dela que serão desenvolvidos e postos em prática novos e melhores conhecimentos, processos e produtos, infraestruturas, políticas e novos comportamentos que precisam ser adotados por todos os stakeholders - população, empresas e governos.

São pilares fundamentais para aprimorar a segurança alimentar:

- A promoção da pesquisa científica básica e tecnológica e a modernização e ampliação da infraestrutura de CT&I como um pacto geopolítico na América Latina e Caribe;
- O aumento dos financiamentos públicos e privados para o desenvolvimento da CT&I de segurança alimentar;
- A formação, atração e fixação de recursos humanos com foco em segurança alimentar nos centros de ensino e pesquisa.

Entretanto, tais pilares somente poderão ser alicerçados por meio de ações públicas e privadas de recuperação ou fortalecimento da infraestrutura de pesquisa de universidades e demais Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs). Políticas de fortalecimento do sistema de CT&I são essenciais, tanto de um ponto de vista mais geral quanto no que se refere mais precisamente à segurança alimentar.

Um aspecto inovador a considerar é o apoio que as Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC), em particular a Inteligência Artificial, podem dar. Os avanços na IA e demais tecnologias dessa geração podem ser decisivos para, por um lado, lidar com a complexidade que envolve a promoção da segurança alimentar, acelerando o processo de integração de dados e informações em plataformas amplamente acessíveis, aprendendo a partir deles, gerando modelos plausíveis e compreensíveis por profissionais de várias áreas, enquanto permite, por outro lado, que tais medidas gerem impacto efetivo, atingindo as diferentes camadas sociais para que, assim, se reduzam eventuais assimetrias e seja possível mitigar o problema.





Referências

- ADAMS, J.; PENDLEBURY, D.; POTTER, R.; SZOMSZOR, M. *Global Research Report: América do Sul e Central, México e Caribe*. Filadélfia: Institute for Scientific Information, 2021.
- AQUAPOLO. *Relatório de sustentabilidade 2023*. 2024. Disponível em: https://www.aquapolo.com.br/media/upload/ckeditor/2024/08/30/aquapolo_rs2023_.pdf
- BEAULAC, J.; KRISTJANSSON, E.; CUMMINS, S. A systematic review of food deserts, 1966-2007. *Prev Chronic Dis*, v. 6, n. 3, A105, 2009.
- BELARMINO, L.C.; GOLDMEIER, M.S.; REISSER JUNIOR, C.; NAVARO, M.P. *Resultados econômicos da geração de energia eólica e fotovoltaica no meio rural*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2019.
- BID - BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO. *Web Stories A América Latina e o Caribe poderiam atender todas as suas necessidades de eletricidade usando recursos renováveis: estudo do BID*. 18 jun. 2013. Disponível em: <https://www.iadb.org/pt/noticias/america-latina-e-o-caribe-poderiam-atender-todas-suas-necessidades-de-eletricidade-usando>. Acesso em: 16 set. 2023.
- BRASIL. Lei 11.947, de 16 de junho de 2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica; altera as Leis nos. 10.880, de 9 de junho de 2004, 11.273, de 6 de fevereiro de 2006, 11.507, de 20 de julho de 2007, revoga dispositivos da Medida Provisória no. 2.178-36, de 24 de agosto de 2001, e a Lei no. 8.913, de 12 de julho de 1994; e dá outras providências. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 17 jun. 2009. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/11947.htm
- CABRAL, C.S.; LOPES, A.G.; LOPES, J.M.; VIANNA, R.P.T. Segurança alimentar, renda e Programa Bolsa Família: estudo de coorte em municípios do interior da Paraíba, Brasil, 2005-2011. *Cad Saúde Pública*, v. 30, n. 2, p. 393-402, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00140112>.
- CASTRO, C. N. *Avaliação do Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e outras tecnologias sociais (Programa Cisternas), à luz dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Brasília: Ipea, 2021. 41p.
- CEPAL - COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. *Agenda Regional de Acción por el agua de America Latina y el Caribe 2023*. 2023. Disponível em: https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/agenda_regional_de_accion_por_el_agua_alc_0.pdf. Acesso em 01 out. 2024.



- CEPAL - COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. *A gestão adequada da água permite dinamizar o desenvolvimento sustentável, aumentar a equidade, melhorar a adaptação à crise climática e facilitar a paz*. 2024. Disponível em: <https://www.cepal.org/pt-br/comunicados/gestao-adequada-agua-permite-dinamizar-o-desenvolvimento-sustentavel-aumentar-equidade>. Acesso em 01 out. 2024.
- CLIMATE JUST. *Socially vulnerable groups sensitive to climate impacts*. 2024. Disponível em: <https://www.climatejust.org.uk/socially-vulnerable-groups-sensitive-climate-impacts>. Acesso em 01 out. 2024.
- CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. *Melhor uso dos recursos e geração de valor*. 2024. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-sustentavel/temas-de-atuacao/economia-circular/>. Acesso em 01 out. 2024.
- CFS - COMMITTEE ON WORLD FOOD SECURITY. *Global Strategic Framework for Food Security and Nutrition*. 2014. Disponível em: https://www.fao.org/fileadmin/templates/cfs/Docs1314/GSF/GSF_Version_3_EN.pdf. Acesso em 01 out. 2024.
- CÚPULA MUNDIAL DA ALIMENTAÇÃO. *Declaração de Roma*. 1996. Disponível em: <https://www.fao.org/4/w3613p/w3613p00.htm>. Acesso em 01 out. 2024.
- DANTAS, S. G. *Oportunidades e desafios da geração solar fotovoltaica no semiárido do Brasil*. Rio de Janeiro: IPEA, 2020. (Textos para discussão, n. 2541).
- DAROLT, M.R.; LAMINE, C.; BRANDEMBURG, A. A diversidade dos circuitos curtos de alimentos ecológicos: ensinamentos do caso brasileiro e francês. *Agriculturas*, v. 10, n. 2, p. 8-13, 2013.
- EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Anuário estatístico de energia elétrica 2024*. 2024. Disponível em: <https://dashboard.epe.gov.br/apps/anuario-livro/>. Acesso em 01 out. 2024.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Growing greener cities in Latin America and the Caribbean: an FAO report on urban and peri-urban agriculture in the region*. Rome: FAO, 2014.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. AQUASTAT. Roma: FAO, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en>. Acesso em 10 set. 2023.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT. Roma: FAO, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FS>. Acesso em 11 set. 2023.
- FAO; IFAD; PAHO; UNICEF; WFP. *Regional Overview of Food Security and Nutrition – Latin America and the Caribbean 2022: towards improving affordability of healthy diets*. Santiago: FAO, IFAD, PAHO, UNICEF, WFP, 2023a. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc3859en>.



- FAO; IFAD; UNICEF; et al. *The State of Food Security in the World 2023*. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural urban-continuum. Rome: FAO, 2023b. 316p.
- FAPESPA - FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS. *Nove municípios paraenses lideram a produção nacional de açaí, aponta pesquisa*. 2024. Disponível em: <https://www.fapespa.pa.gov.br/2024/07/04/nove-municipios-paraenses-lideram-producao-nacional-do-acai-aponta-fapespa/>. Acesso em 01 out. 2024.
- FERREIRA, A. L.; BARCELLOS, E.; SILVA, F. Universalização do acesso ao serviço público de energia elétrica no Brasil: evolução recente e desafios para a Amazônia Legal. *Rev Bras Energ*, v. 27, n. 3. p. 135-154, 2021.
- FREITAS, G.; SILVEIRA, S. F. R. Programa Luz para Todos: Uma Representação da Teoria do Programa por Meio do Modelo Lógico. *Planejamento e políticas públicas*, v. 1, p. 177-198, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/6648>.
- GARCIA, M. T.; BÓGUS, C. M.; COELHO, D. E. P. *Hortas Comunitárias Urbanas: promovendo a saúde e a segurança alimentar e nutricional nas cidades*. São Paulo: Instituto de Saúde, 2024. 384p.
- GRANT, S.B.; SAPHORES, J.-D.; FELDMAN, D.L.; HAMILTON, A.J.; FLETCHER, T.D.; COOK, P.L.M.; STEWARDSON, M.; SANDERS, B.F.; LEVIN, L.A.; AMBROSE, R.F.; et al. Taking the “Waste” Out of “Wastewater” for Human Water Security and Ecosystem Sustainability. *Science*, v. 337, n. 6095, p. 681-686, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1216852>.
- HLPE. *Nutrition and food systems*. A report by The High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition. Rome: FAO, 2017. 151p.
- IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Energy Statistics Data Browser*. Paris: IEA, 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WEOCSAM&energy=Balances&year=2020>. Acesso em 17 set. 2023.
- IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World Energy Investment 2023*. Paris: IEA, 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2023>. Acesso em 16 set. 2023.
- IICA - INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA. *Os agricultores familiares devem ter acesso às novas tecnologias para obter maior produtividade, sustentabilidade e receitas*. 2021. Disponível em: <https://iica.int/pt/prensa/noticias/os-agricultores-familiares-devem-ter-acesso-novas-tecnologias-para-obter-maior>. Acesso em 01 out. 2024.
- IICA - INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA. *Pelo menos 72 milhões não têm acesso à internet de qualidade em áreas rurais da América Latina e do Caribe*. 2023. Disponível em: <https://iica.int/pt/prensa/noticias/pelo-menos-72-milhoes-nao-tem-acesso-internet-de-qualidade-em-areas-rurais-da>. Acesso em 01 out. 2024.



- INSTITUTO ESCOLHAS; CÁTEDRA JOSUÉ DE CASTRO. *Promoção da saúde e a produção de alimentos nas cidades*. 2024. Disponível em: https://escolhas.org/wp-content/uploads/2024/04/PolicyBrief_7_AUP-e-Saude.pdf. Acesso em 01 out 2024.
- JAIN, G.; ESPEY, J. Lessons from nine urban areas using data to drive local sustainable development. *NPJ Urban Sustainability*, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s42949-022-00050-4>.
- JESUS, J. G.; HOFFMANN, R.; MIRANDA, S. H. G. Insegurança alimentar, pobreza e distribuição de renda no Brasil. *Rev Econ Sociol Rural*, v. 62, n. 4, e281936, 2024.
- LISBOA, C.S.; GUIMARÃES, N.S.; FERREIRA, A.J.F.; SILVA, K.B.B.; ALVES F.J.O.; ROCHA A.S.; et al. Impact of cash transfer programs on birth and child growth outcomes: systematic review. *Ciênc Saúde Colet.*, v. 28, n. 8, p. 2417-2432, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-81232023288.14082022>.
- MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. *Frutas, castanhas e verduras nativas do Brasil estão em nova lista de espécies da sociobiodiversidade com valor alimentício*. 2021a (atualizado em 01 nov. 2022). Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/frutas-castanhas-verduras-nativas-do-Brasil-estao-em-nova-lista>. Acesso em 01 out. 2024.
- MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. *Introdução à logística do agronegócio brasileiro*. Brasília: MAPA, 2021b. 125p.
- MEJÍA, A. Water scarcity in Latin America and the Caribbean. Myths and reality. In: GARRIDO, A.; SHECHTER, M. *Water for the Americas: challenges and opportunities*. London: Routledge, 2014.
- MEKONNEN, M. M; PAHLOW, M.; ALDAYA, M. M.; ZARATE, E.; HOEKSTRA, A. Y. Sustainability, efficiency and equitability of water consumption and pollution in Latin America and the Caribbean. *Sustainability*, v. 7, p. 2086-2112, 2015.
- McGREEVY, S. R.; RUPPRECHT, C. D. D.; NILES, D. et al. Sustainable agrifood systems for a post-growth world. *Nat Sustain*, v. 5, p. 1011-17, 2022.
- MILANEZ, A. Y.; GUIMARAES, D. D.; MAIA, G. B. S.; SOUZA, J. A. P.; LEMOS, M. L. F. Biogás de Resíduos Agroindustriais: Panorama e Perspectivas. *BNDES SETORIAL*, v. 47, p. 221-276, 2018. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15384>.
- MIRANDA, S.; CÂNDIDO DA SILVA, M. *Propostas de Combate à Fome e à Insegurança Alimentar*. Relatório Final. Piracicaba: ESALQ-USP, 2023.
- MYERS, S.S.; PIVOR, J.I.; SARAIVA, A.M. The São Paulo Declaration on Planetary Health. *Lancet*, v. 398, n. 10308, p. 1299, 2021. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02181-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02181-4).
- OLADE - ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA. *Panorama energético de América Latina y el Caribe 2022*. Quito: OLADE, 2022.



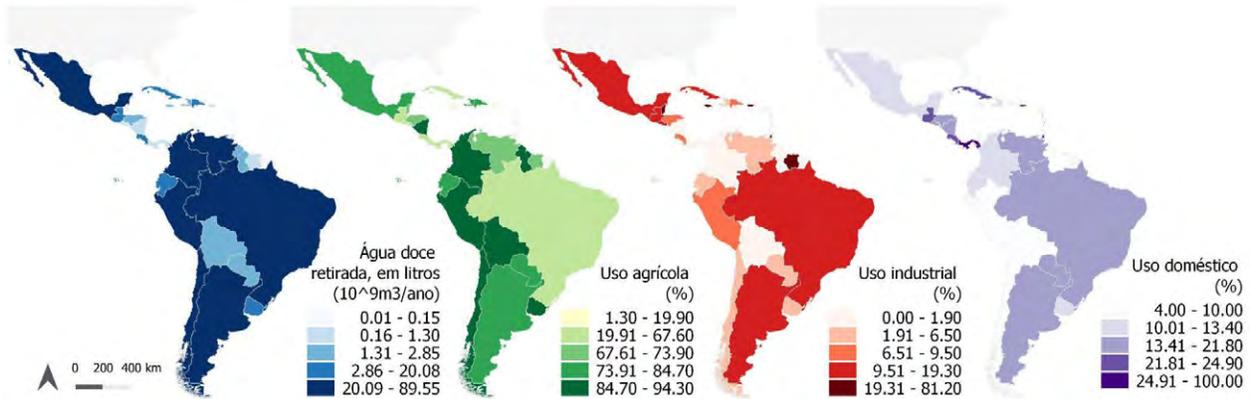
- OLADE - ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA. *Estrategia para una América Latina y el Caribe más renovable*. Quito: OLADE, 2023.
- ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Declaração Universal dos Direitos Humanos*. 1948. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/declaracao-universal-dos-direitos-humanos>. Acesso em 01 out. 2024.
- ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Transforming our world: the 2030 Agenda for sustainable development*. New York: ONU, 2015. 39p.
- ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Millennium Development Goals and beyond 2015*. 2024. Disponível em: <https://www.un.org/millenniumgoals/>. Acesso em 01 out. 2024.
- PALMEIRA, P.A.; SALLES-COSTA, R.; PÉREZ-ESCAMILLA, R. Effects of family income and conditional cash transfers on household food insecurity: evidence from a longitudinal study in Northeast Brazil. *Public Health Nutr.*, v. 23, n. 4, p. 756-767, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1368980019003136>.
- RESEARCHHUB. *FAIR principles for research data*. 2024. Disponível em: <https://research-hub.auckland.ac.nz/managing-research-data/ethics-integrity-and-compliance/fair-principles-for-research-data>. Acesso em 01 out. 2024.
- RIBEIRO, F.G.; TEIXEIRA, G. S.; SOARES, S. G. Investimentos em infraestrutura e desenvolvimento socioeconômico: o caso do Programa Luz para Todos. *Planejamento e políticas públicas*, v. 49, p. 321-356, 2017. Disponível em: <https://ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/844>.
- RODRÍGUEZ, C.; GARCÍA, B.; PINTO, C. et al. Water context in the Latin America and the Caribbean: distribution, regulations and prospects for water reuse and reclamation. *Water*, v. 14, n. 21, 3589, 2022.
- SANO, E. E.; MATRICARDI, E.A.T.; CAMARGO, F.F. State-of-the-art of Radar Remote Sensing: Fundamentals, Sensors, Image Processing, and Applications. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 72, n. 50, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/rbcv72nespecial50anos-56568>.
- SARAVIA MATUS, S.; FERNÁNDEZ, D.; MONTAÑEZ, A. et al. *Necesidades de inversión en agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe: efectos en el empleo verde y el valor agregado bruto*. Santiago: CEPAL, 2023.
- SILVA, E. J.; COELHO, F.; SILVA, W. P. da. Sensoriamento remoto no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos. *Cadernos UniFOA*, v. 12, n. 33, p. 121-130, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.47385/cadunifoa.v12.n33.437>.



- SILVA, D. F. A.; SILVA, E.I.; SILVEIRA, L.; ANÍCIO, S.O.; BRANCO FILHO, T. C. T.; MALHEIROS, T.F. Situação da economia circular a partir do novo marco legal do saneamento básico no Brasil. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental (IPEA)*, v. 29, p. 59-67, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/12175>.
- STANKOVIC, M.; HASANBEIGI, A.; NEFTENOV, N.; BASANI, M. (eds.); NÚÑEZ, A. (eds.); ORTIZ, R. (eds.). *Uso de tecnologías da 4RI em água e saneamento na América Latina e no Caribe*. BID, 2020. (Nota técnica do BID n. 1910).
- SWINBURN, B.A.; KRAAK, V.I.; ALLENDER, S.; ATKINS, V.J., BAKER, P.I.; BOGARD, J.R.; et al. The global syndemic of obesity, undernutrition, and climate change: the Lancet Commission report. *Lancet*, v. 393, n. 791-846, p. 791-846, 2019. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32822-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32822-8).
- UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. *Food Waste Index Report 2021*. 2021. Nairobi: UNEP, 2021.
- UNITED NATIONS. *Food and climate change: healthy diets for a healthier planet*. 2024. Disponível em: <https://www.un.org/en/climatechange/science/climate-issues/food>. Acesso em 01 out. 2024.
- WANG, D.; CHEN, Y.; JARIN, M. et al. Increasingly frequent extreme weather events urge the development of point-of-use water treatment systems. *npj Clean Water*, v. 5, n. 36, 2022.
- WEF - WORLD ECONOMIC FORUM. *Building block(chain)s for a better planet*. Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/sustainability/assets/blockchain-for-a-better-planet.pdf>. Acesso em: 16 set. 2023.
- WFP; BID. *Estado da alimentação escolar na América Latina e Caribe*. 2022. Disponível em: <https://publications.iadb.org/en/state-school-feeding-latin-america-and-caribbean-2022-executive-summary>. Acesso em 01 out. 2024.
- WHITMEE, S.; HAINES, A.; BEYRER, C.; BOLTZ, F.; CAPON, A.G.; DE SOUZA DIAS, B.F.; et al. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation-Lancet Commission on planetary health. *Lancet*, v. 386, n. 10007, p. 1973-2028, 2015. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60901-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1).
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Sanitation*. Geneva: WHO, 2022. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>. Acesso em: 10 set. 2023.
- WILLER, H.; TRÁVNÍČEK, J.; SCHLATTER, B. *The world of organic agriculture*. Statistics and emerging trends 2024. Frick: FiBL e IFOAM - Organics International, 2024. 352p.
- WWAP. *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2017*. Aguas residuales: el recurso desaprovechado. Paris: Unesco, 2017. 202p.

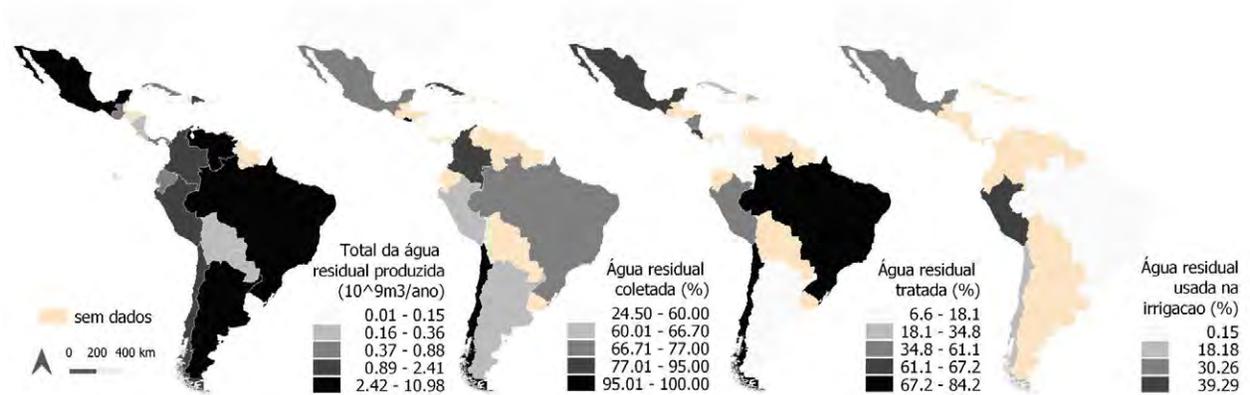
Anexo A

FIGURA 1 • ESPACIALIZAÇÃO DA QUANTIDADE DE ÁGUA DOCE RETIRADA E PROPORÇÃO DESTINADA AOS USOS AGRÍCOLA, INDUSTRIAL E DOMÉSTICO NOS PAÍSES DA AMÉRICA LATINA E CARIBE (2020)



Fonte: Elaborado a partir dos dados do AQUASTAT (FAO, 2020).

FIGURA 2 • ESPACIALIZAÇÃO DA QUANTIDADE DE ÁGUA RESIDUAL DOMÉSTICA PRODUZIDA (TOTAL) E PROPORÇÕES DAS ÁGUAS RESIDUAIS COLETADA (EM RELAÇÃO A PRODUZIDA), TRATADA (EM RELAÇÃO À COLETADA) E USADA NA IRRIGAÇÃO (EM RELAÇÃO À TRATADA) NOS PAÍSES DA AMÉRICA LATINA E CARIBE (2020).



Fonte: Elaborado a partir dos dados do AQUASTAT (FAO, 2020).

RELAI

