



**Ciência,
Tecnologia
e Inovação com
o Semiárido
Brasileiro**

wtt

World-Transforming
Technologies

PORTICUS

**Ciência, Tecnologia
e Inovação com o
Semiárido Brasileiro**



Ciência, Tecnologia e Inovação com o Semiárido Brasileiro:

*Uma jornada de
desenvolvimento
de soluções tecnológicas
para reúso de águas
cinzas e conservação
de frutas*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Ciência, tecnologia e inovação com o semiárido brasileiro [livro eletrônico] : uma jornada de desenvolvimento de soluções tecnológicas para reúso de águas cinzas e conservação de frutas / [organização Gaston Kremer, Andre Wongtschowski ; coordenação Sabine Righetti, Ana Paula Morales]. — Rio de Janeiro, RJ : WTT Brasil, 2023.
PDF

Bibliografia.

ISBN 978-65-999551-1-2

1. Agricultura familiar 2. Agroecologia
3. Alimentos — Produção 4. Inovações tecnológicas

I. Kremer, Gaston. II. Wongtschowski, Andre.

III. Righetti, Sabine. IV. Morales, Ana Paula.

23-158740

CDD-633.2981

Índices para catálogo sistemático:

1. Semiárido brasileiro : Agricultura 633.2981

Tábata Alves da Silva — Bibliotecária — CRB-8/9253



Articulação
"Semiárido
Brasileiro"



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



Ficha Técnica

Projeto da World-Transforming Technologies (WTT), com aplicação do framework de trabalho do Centro de Orquestração de Inovações (COI) e apoio da Porticus.

REALIZAÇÃO World-Transforming Technologies (WTT), uma organização do ecossistema da Fundación Avina

LIDERANÇA Andre Wongtschowski e Gaston Kremer (WTT)

EQUIPE CIENTÍFICA E TÉCNICA Andre Luiz Gonçalves, Emmanuel Pereira, Shenia Monteiro, Mateus Mayer, Rodrigo Oliveira, Laiany Tassila

COORDENAÇÃO DA PUBLICAÇÃO Ana Paula Morales (Agência Bori) e Sabine Righetti (Agência Bori e Unicamp)

PREPARAÇÃO DE TEXTO E EDIÇÃO Márcia Tait (Agência Bori e Unicamp), Angélica Jung e Lara Ramos (WTT)

EDIÇÃO Letícia Naísa e Isabel Waquil (WTT)

DADOS Estevão Gamba e Fernanda Andrade (Agência Bori)

DIAGRAMAÇÃO Alles Blau

ILUSTRAÇÃO Aline Guimarães (Línea)

FINANCIAMENTO Porticus



SUMÁRIO

7	APRESENTAÇÃO
11	INTRODUÇÃO
	Por que fazer inovação no contexto da agricultura regenerativa — e no semiárido?
17	Caracterizando os Desafios
25	Mapeamento da Produção Científica
26	Pesquisas e tecnologias de interesse para tratamento de águas cinzas
30	<i>Sistema Bioágua Familiar (SBF)</i>
31	<i>Sistema de Reuso de Águas Cinzas (RAC)</i>
33	Encontrando as tecnologias mais promissoras para redução das perdas pós-colheita
38	<i>Revestimentos de frutas</i>
41	Próximos passos
45	CONCLUSÃO



APRESENTAÇÃO

*“A idealização e realização do projeto permitiu um contato mais de perto com as necessidades do produtor, o que foi um ganho para a pesquisa. Um dos principais resultados é a caracterização das dificuldades na produção especialmente de frutas, permitindo levar ao campo não somente uma tecnologia inovadora como solução, mas **uma tecnologia personalizada para as dificuldades de cada ambiente**. No futuro, a disseminação do conhecimento científico e a exploração de recursos naturais do semiárido, como insumo para elaboração de filmes comestíveis e aplicações em outras tecnologias, apresentam perspectivas promissoras para o desenvolvimento regional”.*

(DEPOIMENTO DE **SHÊNIA SANTOS MONTEIRO**,
ENGENHEIRA DE ALIMENTOS E PÓS-GRADUANDA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE)

O enfrentamento aos problemas e desafios socioambientais por meio da ciência, tecnologia e inovação demanda a colaboração e interação de cientistas e não cientistas. Enquanto a ciência, por definição, é universal, a produção científica é pautada por referenciais. É por meio da colaboração científica e da troca de experiências que é possível afirmar novas concepções e modelos. A aplicação prática da ciência por meio do desenvolvimento tecnológico e em especial da inovação é também resultante de uma ação coletiva com potencial de impactar positivamente a vida das pessoas e de agregar valor tangível e intangível, uma vez que atenda aos diferentes contextos e necessidades. A integração

de conhecimentos que respondam aos problemas e desafios pode ser desenvolvida por meio de um processo colaborativo, interativo e orquestrado, visando atender a objetivos comuns.

Esta publicação apresenta a experiência vivenciada a partir das ações coordenadas pela World-Transforming Technologies (WTT Ventures)¹ na busca pelo fortalecimento da produção da agricultura familiar no semiárido brasileiro.

Produzida no âmbito do Centro de Orquestração de Inovações, a iniciativa da WTT tem como missão articular conhecimentos e atores na busca pela superação de desafios socioambientais. Esta orquestração se dá a partir da definição de objetivos após o mapeamento e a caracterização dos principais desafios enfrentados na produção agrícola de base familiar no semiárido brasileiro, ao mesmo tempo em que identifica soluções que estão sendo desenvolvidas por pesquisadores brasileiros nas Universidades e Centros de Pesquisa Tecnológica do país.

Em 2021, a WTT inicia essa jornada com o propósito de trabalhar no contexto da agricultura regenerativa, entendendo que essas práticas agrícolas em perspectiva de transição, como a agroecologia e a agricultura orgânica, têm o potencial de restaurar os solos, a biodiversidade e a disponibilidade de água. No entanto, não é de hoje que esses sistemas regenerativos enfrentam inúmeros entraves para seu desenvolvimento e expansão, a exemplo da carência de opções tecnológicas adaptadas aos contextos da agricultura familiar. Segundo especialistas, em geral, as tecnologias agrícolas — principalmente máquinas e equipamentos voltados para etapa de produção e beneficiamento — são concebidas para grandes empreendimentos e não para agricultura familiar, embora o censo agropecuário de 2017 (IBGE) demonstre que mais de 77% do total de

1 <https://wttventures.net/>

estabelecimentos agrícolas do Brasil seja classificado como de agricultura familiar. Assim, a jornada da WTT e de seus parceiros associados parte com o intuito de promover o desenvolvimento tecnológico e a inovação em sistemas da agricultura regenerativa voltada à agricultura familiar, de modo a expandir a disponibilidade e opções tecnológicas, além de superar desafios relativos à exclusão social e às mudanças climáticas.

Ao longo da leitura, será possível mergulhar em cada etapa percorrida nessa jornada. O documento está dividido em cinco grandes blocos, além desta apresentação: *Introdução*, na qual é feita uma contextualização sobre a agricultura familiar no Brasil; *Caracterizando os Desafios* — com um relato detalhado do processo de identificação e caracterização dos desafios; *Mapeamento da Produção Científica* — no qual é apresentada a etapa de identificação de pesquisas promissoras que podem contribuir para a superação dos desafios priorizados; *Próximos Passos* — abordando a próxima fase do projeto; e a *Conclusão* — com considerações finais e recomendações.

Desejamos que a leitura dessa experiência sirva de inspiração para o desenvolvimento de muitas outras tecnologias para a agricultura familiar no semiárido — e, por que não, em outros biomas brasileiros e no mundo.



1. INTRODUÇÃO

Por que fazer inovação no contexto da agricultura regenerativa — e no semiárido?

A escolha de promover o desenvolvimento tecnológico e a inovação no contexto da agricultura regenerativa tem uma relação direta com a origem da WTT e sua história. Pensar e atuar na promoção da inovação como ferramenta para superação de desafios é a missão da WTT, uma fundação latino-americana que surge como uma *spin-off* da Fundação Avina, a partir de uma análise profunda das barreiras e oportunidades para fortalecer e promover ecossistemas de inovação de impacto.

Ao longo da sua trajetória, a WTT desenvolveu capacidades e estratégias para atingir seus objetivos e, entre elas, a estratégia do Centro de Orquestração de Inovações (COI), cujo papel é a mobilização do conhecimento científico e tecnológico para resolução de problemas socioambientais. O COI tem como missão mobilizar os ativos de ciência e tecnologia de uma região ou recorte temático em direção ao desenvolvimento de inovações orientadas a solucionar os desafios socioambientais. A partir de um desafio concreto, o Centro forma equipes de desenvolvimento de soluções compostas por pessoas com competências complementares (cientistas, engenheiros/as, empresários/as, estudantes etc.) que trabalham juntos no desenvolvimento de tecnologias para resolver com efetividade e de maneira sustentável aquele desafio. A estrutura de atuação do COI é composta por sete grandes elementos: (1) caracterização do desafio e das potenciais soluções; (2) mapeamento dos pesquisadores e de suas pesquisas; (3) estruturação de equipes de desenvolvimen-

to; (4) gestão administrativa/ contábil e jurídica; (5) gestão do processo de desenvolvimento; (6) mobilização de recursos financeiros; e (7) conexão com os parceiros que irão trabalhar pela disseminação das soluções envolvidas.

A orquestração do processo de inovação no contexto da agricultura regenerativa é um dos primeiros casos de aplicação da metodologia do COI pela WTT e traz um conjunto de desafios e reflexões aqui compartilhadas que levam a diversos aprendizados. Compreendendo o processo de inovação como uma ação coletiva, iterativa e multifacetada, a tarefa de orquestrar é sempre ambiciosa e complexa, além de exigir adaptação e legitimidade para que o processo de mudança aconteça e os objetivos coletivos sejam alcançados.

Por isso, o primeiro grande passo foi mergulhar no contexto da agricultura familiar, o que significou prospectar um mundo bastante abrangente, para entender seus dilemas, desafios e oportunidades. Para tanto, a WTT procurou especialistas na área que apresentaram um panorama atual. Assim, nos deparamos com os dados sobre a agricultura familiar (Censo Agropecuário do IBGE de 2017), que demonstram que o segmento representa cerca de 4 milhões de estabelecimentos agrícolas do país (77% do total) e que emprega 67% das pessoas que trabalham na agropecuária. E, apesar da grande relevância nacional, a agricultura familiar, em particular aquela realizada com base em princípios agroecológicos, enfrenta uma série de desafios relacionados à produtividade, certificação, intensidade do trabalho, acesso à água, manejo do solo, processamento, armazenagem e distribuição, entre outros.

Além disso, considerando que, nos próximos anos, as mudanças climáticas irão acentuar ainda mais esses desafios por impactarem nas chuvas, temperaturas, solos e biodiversidade, a própria viabilidade da agricultura familiar no Brasil pode ser afetada, especialmente no semiárido. As consequências tendem a ser potencialmente

graves para a segurança alimentar, para a renda das famílias e a permanência nesses territórios.

A agricultura familiar brasileira sempre teve um papel fundamental na produção de alimentos para o consumo da população, especialmente de frutas e hortaliças. No caso das frutas, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial: em 2021 a produção nacional foi superior a 40 milhões de toneladas. O Nordeste respondeu por 27% dessa produção e o semiárido teve um papel de destaque, contribuindo com aproximadamente 6,5 milhões de toneladas, segundo o IBGE. Manga, cajá, caju, umbu, abacaxi, acerola, pitaya, figo da índia, coco verde, goiaba, uva, citros, maracujá, mamão, melão, e melancia são as frutas mais produzidas e a grande maioria vem da agricultura familiar.

É lidando com esse contexto que o fornecimento de inovações acessíveis e adaptadas à agricultura familiar se torna essencial — tanto para a sobrevivência da prática como para a conservação de recursos naturais, como água e solo. O Brasil tem um vasto potencial de adotar práticas que influenciem positivamente a geração de renda de pequenos agricultores e a segurança alimentar do país. Contudo, os investimentos de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) em abordagens como a agroecologia e a agricultura regenerativa ainda são muito pequenos quando comparados com as iniciativas orientadas para a produção em grande escala. As práticas da agroecologia poderiam (e deveriam) se beneficiar muito mais dos conhecimentos e da infraestrutura do sistema brasileiro de CT&I.

Para isso, é necessário, entre outras coisas, promover concertação entre atores de múltiplos setores e direcionar recursos humanos e financeiros para esse fim. Por outro lado, já existem contribuições significativas da ciência para os modelos agroecológicos que demonstram o potencial que inovações orientadas por missões podem ter: controle biológico de pragas, melhoramento participativo de sementes e integração lavoura-pecuária-floresta

são alguns exemplos. Há ainda inúmeras áreas de grande potencial futuro, como melhoramento de bioinsumos, sistemas de sensoriamento de solo, irrigação de precisão e bombeamento fotovoltaico de baixo custo, entre outros.

O semiárido brasileiro — região que corresponde a uma área de 18,2% do território nacional, segundo o IBGE —, em função de suas características climatológicas, socioeconômicas e de políticas públicas adotadas historicamente, apresenta desafios específicos relacionados ao desenvolvimento econômico, social e agrícola. Buscar soluções para alguns destes desafios deve ser um tema central. Este foco no semiárido se dá por essa ser a região que apresenta a maior quantidade de agricultores e agricultoras familiares²; a que é mais vulnerável à crise climática; e onde há conhecimento tradicional valioso que pode contribuir para o desenvolvimento das soluções necessárias.

A jornada percorrida neste processo e os resultados apresentados aqui são frutos ainda em maturação de um processo de pesquisa desenvolvido coletivamente, que requerem *cuidado e regadio* constante até a *colheita*. As pesquisas que serão apresentadas se orientaram por desenvolver soluções tecnológicas para desafios concretos e visam a implementação de protótipos das tecnologias desenvolvidas junto a agricultores, que certamente gerarão novas demandas e colaborações. Sendo assim, seu impacto, através da proliferação de *sementes e germinação*, que se darão na prática, está ainda por vir.

2 A importância da produção agroecológica e familiar das mulheres no semiárido está expressa nos resultados apresentados no livro *Cadernetas Agroecológicas e as Mulheres do semiárido: de Mãos Dadas Fortalecendo a Agroecologia* (FIDA, 2020), organizado e produzido pelo Programa Semear Internacional, financiado pelo Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA) e coordenado por pesquisadoras brasileiras. Disponível em: <http://portalsemear.org.br/publicacoes/cadernetas-agroecologicas-e-as-mulheres-do-semiarido-2/>; e *Os impactos da COVID-19 sobre os sistemas agroalimentares: Lições apreendidas na região semiárida do Nordeste do Brasil* (FIDA, 2021). Disponível em: <http://portalsemear.org.br/publicacoes/impactos-da-covid-19-nos-sistemas-agroalimentares>.

Agricultura familiar: É o cultivo praticado por pequenos produtores rurais, assentados da reforma agrária, silvicultores, aquicultores, extrativistas, pescadores e/ou parte de povos e comunidades tradicionais, como quilombolas, indígenas ou caiçaras. A prática deve utilizar predominantemente mão de obra de membros da família e a renda familiar deve ser, majoritariamente, de origem de sua própria produção.

Agroecologia: Surge nos anos 1970 em oposição ao sistema agroindustrial. É tanto uma área científica quanto um campo de práticas agrícolas e mobilização política e social que busca soluções sustentáveis para manejo da terra. Trabalha com conhecimentos técnicos e científicos e saberes de indígenas, agricultores/as e camponeses.

Tecnologia Social: São tecnologias desenvolvidas ou que passam por processos de adequação para quem utiliza. São especialmente voltadas às necessidades públicas, seja em políticas ou ações, a grupos empobrecidos ou discriminados, a cooperativas populares, empreendimentos de economia solidária e popular e outras modalidades de associativismo. Os **Sistemas RAC** (Reuso de Água Cinza) e o **Sistema Bioágua Familiar**, que trazemos nesta publicação, são exemplos de tecnologias sociais.

A agricultura regenerativa refere-se a sistemas de produção agrícola enraizados em princípios ecológicos, equidade e justiça social que, sob uma abordagem holística, adaptável a diferentes escalas e contextos, buscam principalmente restaurar e fortalecer os sistemas vivos e sua capacidade natural de autorregulação, ao mesmo tempo em que promovem o bem-estar socioeconômico e cultural das comunidades. Esses sistemas de produção funcionam por meio da implementação integrada de práticas e processos que visam maximizar a restauração da saúde do solo e do meio ambiente, a qualidade e a disponibilidade da água, a biodiversidade e as relações biológicas, ao mesmo tempo em que contribuem para a adaptação e a mitigação dos efeitos da crise climática. Nesse contexto, é essencial que a produção regenerativa seja resiliente e lucrativa, sob os princípios da distribuição justa dos benefícios econômicos, da segurança alimentar e do bem-estar dos seres vivos.

Agricultura Regenerativa definição do Consorcio Negocios Alimentares Regenerativos



2. CARACTERIZANDO OS DESAFIOS

O fio condutor da jornada partiu das premissas³ de levar em conta e valorizar a diversidade dos sistemas alimentares e seus contextos em várias escalas; de considerar todos os impactos ambientais, sociais e econômicos da produção e do consumo de alimentos; de reconhecer a importância de melhorar e incentivar o consumo adequado juntamente com práticas agrícolas e outras práticas de produção de alimentos que mantenham ou melhorem o capital natural; e de incentivar a integração da ciência transdisciplinar e do conhecimento local em processos de inovação participativa que transformam os sistemas alimentares. E assim se deu início à etapa de definição das missões com o olhar para a transição agroecológica da agricultura familiar no semiárido brasileiro e de adaptação e mitigação das mudanças climáticas.

Em termos metodológicos, esta etapa de caracterização para identificação das demandas e gargalos tecnológicos para a expansão dos sistemas regenerativos de produção agrícola se deu em duas partes. A primeira parte constituiu-se em uma revisão bibliográfica dos principais documentos produzidos nos últimos anos que abordam a necessidade de transformação dos sistemas agroalimentares para a promoção do desenvolvimento sustentável, com ênfase na agroecologia. Para tanto, buscou-se documentos produzidos por agências de cooperação e desenvolvimento⁴, órgãos de fomento à agricultura e artigos acadêmicos mais específicos sobre o assunto. O principal objetivo da revisão foi traçar um panorama geral sobre o tema e estabelecer algumas

3 Inspiradas no HLPE. 2019. Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome.

4 “Transformações de nosso sistema alimentar: a realização de uma mudança de paradigma—Reflexões à partir do IAASTD —10 anos depois” (IAASTD, 2020); Agroecologia e o Direito Humano à Alimentação Adequada (SCHUTTER, 2010); Agroecologia e outras abordagens inovadoras para a agricultura sustentável e sistemas alimentares que aumentam a segurança alimentar e nutricional (HLPE, 2019).

diretrizes para a pesquisa. Além disso, as referências bibliográficas apontam possíveis caminhos para pesquisas no tema e futuras intervenções, bem como identificam potenciais colaboradores e métodos para o desenvolvimento de soluções.

A segunda parte desta etapa se constituiu em uma ampla consulta com diversos atores que trabalham com agricultura familiar. Foram consultados agricultores, acadêmicos, pesquisadores, extensionistas rurais, técnicos e técnicas de organizações não-governamentais e representantes de startups de tecnologia⁵.

O estudo levou em conta também, a modo de comparação, as demandas técnicas apontadas por diversos núcleos da Rede Ecovida de Agroecologia⁶, representando cerca de 2.500 famílias organizadas em mais de 340 grupos e associações.

O resultado deste processo de consulta foi um conjunto de gargalos e desafios sociotécnicos que foram analisados e priorizados, de modo a se sistematizar as potenciais soluções para a problemática. O Quadro 1 resume estes desafios e gargalos em seis grandes áreas, cujas dinâmicas de produção estão interconectadas, considerando-se que frequentemente a solução para um determinado gargalo ou desafio pode contribuir na superação ou causar impasse em outros pontos do sistema produtivo. Por exemplo, um equipamento que potencializa o correto manejo do solo vai contribuir para que as plantas tenham melhor equilíbrio nutricional e, conseqüentemente, tenham maior resistência a pragas e doenças. Um solo bem manejado, com adequado teor de matéria orgânica, ajuda na retenção da água no sistema e mesmo na economia no uso de insumos. Portanto, para fins operacionais e consistente com os objetivos da iniciativa, a busca de determinadas soluções deve necessariamente buscar sinergias.

5 Algumas das instituições representadas: ASA, ANA, Embrapa, AdaptaGroup, Preta Terra, CPCD, Rede Ecovida, Centro Ecológico, Caatinga, Centro Sabiá, INSA, PDHC, Diaconia, SERTA, UFV, IFRS, dentre outras. Destaca-se também dezenas de entrevistas com agricultores e agricultoras.

6 A Rede Ecovida de Agroecologia é uma rede de famílias de agricultores que têm na agroecologia seu modo de vida e produção. A Rede está localizada nos três estados do Sul do Brasil e é organizada através de núcleos. Hoje a Rede possui 32 núcleos abrangendo cerca de 3.500 famílias.

QUADRO 1.**Quadro-síntese dos desafios e gargalos sociotécnicos**

Desafio	Justificativa	Potencial de solução
DESAFIO 01 — MECANIZAÇÃO. Máquinas e equipamentos adequados ao contexto da agricultura familiar de base ecológica.	Grande parte das tecnologias de mecanização é desenvolvida para grandes produtores. Faltam máquinas e equipamentos mais adequados ao contexto da agricultura familiar. Além disso, a escassez de mão de obra na agricultura familiar vem se acentuando.	Já existem algumas empresas e pesquisadores trabalhando com o tema de máquinas e equipamentos para a agricultura familiar
DESAFIO 02 — INSUMOS. Insumos apropriados para a produção agroecológica.	Para o avanço da agroecologia e dos sistemas regenerativos de produção, faltam insumos mais específicos e de acordo com as novas instruções normativas dos órgãos reguladores.	Já existem vários insumos específicos para a produção agroecológica. Já se domina a tecnologia para a produção de compostos orgânicos e biofertilizantes
DESAFIO 03 — MANEJO DE INSETOS-PRAGA E DOENÇAS. Sistemas e produtos para melhor manejar os insetos-praga e doenças.	Os métodos de controle biológico de insetos-praga e doenças encontram-se em plena expansão. Porém, ainda não estão devidamente difundidos junto às famílias.	O desenvolvimento microrganismos para o controle biológico requer algumas tecnologias e conhecimentos específicos
DESAFIO 04 — GESTÃO. Sistemas de gestão que possam contribuir para aumentar a eficiência das unidades de produção familiar e de suas respectivas organizações.	Os sistemas de gestão e análise financeira mais difundidos não são adequados às características da agricultura familiar, em especial a de base ecológica. Faltam sistemas e softwares que melhorem a administração das famílias e de suas organizações.	As tecnologias de automação e gestão vêm aumentando significativamente nos últimos anos. Grande potencial de solução
DESAFIO 05 — ÁGUA. Uso e conservação dos recursos hídricos, principalmente em regiões com restrições hídricas.	Faltam tecnologias mais adequadas para o uso e aproveitamento dos recursos hídricos visando aumentar e qualificar as opções de convivência com o semiárido brasileiro.	Existem várias iniciativas de melhor aproveitamento dos recursos hídricos para a convivência no semiárido brasileiro
DESAFIO 06 — ENERGIAS ALTERNATIVAS. Uso de energias limpas, em especial a energia solar.	Ainda que as energias alternativas, em especial a energia solar, venham sendo mais difundidas, ainda não estão popularizadas para a agricultura familiar e suas organizações	As tecnologias de energia solar estão cada vez mais populares e acessíveis

Fonte: Elaboração Prof. André Gonçalves

A partir do conjunto de desafios e gargalos sociotécnicos, foi possível fazer um aprofundamento na análise, mergulhando um pouco mais nas questões práticas, científicas e tecnológicas. Para isso, foi necessário estabelecer um conjunto de critérios previamente estabelecidos e pactuados, descritos no Quadro 2.

Para cada um desses critérios, foi atribuída uma pontuação (0 a 10), de modo a se poder estabelecer um *ranking* da importância relativa de cada uma das inovações. Este conjunto de critérios com suas respectivas pontuações constituiu a matriz de análise das inovações. Mas é importante destacar que esta pontuação teve apenas e unicamente o propósito de facilitar a tomada de decisão, e de forma alguma reflete uma hierarquia de importância dos temas apontados.

Participação

O processo de análise e priorização de desafios e gargalos sociotécnicos é um dos pontos-chave da orquestração de inovações, uma vez que exige tempo (de todos os envolvidos), e um debate reflexivo mediado a partir dos conhecimentos científicos e práticos em todas as muitas interações desta etapa.

Assim, de acordo com os critérios estabelecidos, a partir do processo de interação e debate reflexivo, os oito desafios que mais pontuaram foram, respectivamente:

- ❶ Software para gestão da certificação participativa
- ❷ Máquinas para plantio direto sobre a palhada
- ❸ Tecnologias de reaproveitamento da água (água cinza)
- ❹ Equipamentos para desidratar frutas
- ❺ Estufas automatizadas para produção de mudas
- ❻ Equipamentos de irrigação mais eficientes e baratos
- ❼ Equipamentos de agroindústria
- ❽ Biofábricas de controle biológico

QUADRO 2.
Critérios para a seleção das inovações tecnológicas a serem desenvolvidas

Critério	Justificativa
1. Contribuição para dietas saudáveis — segurança alimentar e nutricional	Importância do tema no contexto global — número de pessoas em insegurança alimentar e problemas de saúde pública associados a distúrbios alimentares.
2. Auxilia na mitigação dos efeitos da crise climática	Principal problema socioambiental da atualidade que afeta toda a população planetária.
3. Contempla questões de gênero e empoderamento das mulheres	Mulheres são historicamente excluídas e desvalorizadas. Justiça social.
4. Facilita o empreendedorismo de jovens	Valorização dos jovens e das atividades rurais. Sucessão familiar na agricultura.
5. Auxilia na conservação da biodiversidade e de outros bens e serviços da natureza	Degradação acelerada dos bens e serviços da natureza. Limites do planeta. Justiça socioambiental.
6. Potencial de aumento de renda da unidade de produção familiar	Desvalorização sistemática da agricultura familiar. Setor de importância imperativa para a saúde planetária
7. Contribui na manutenção de hábitos alimentares e cultura local	Rápida erosão de hábitos alimentares sustentáveis. Valorização cultural.
8. Potencial como fonte de inspiração para ser desenvolvido em diferentes contextos socioculturais	Necessidade de ampliação e expansão de inovações tecnológicas. Potencializar os impactos positivos.
9. Contempla princípios da economia solidária e justiça social	Necessidade de construir um sistema econômico baseado em princípios de inclusão e justiça social.
10. Potencial de desenvolvimento e aplicabilidade	Viabilidade concreta de desenvolvimento e posterior aplicação

O recorte geográfico estabelecido — região do semiárido — também exigiu que fosse considerada, durante a análise e priorização, uma série de características e atributos regionais — dentre elas a importância socioeconômica da agricultura familiar, a vulnerabilidade das famílias em relação ao novo regime do clima e os baixos índices de desenvolvimento humano. Assim, alguns dos desafios priorizados passaram a ganhar mais destaque.

Nesse sentido, foram fundamentais as conversas com representantes de organizações da sociedade civil e lideranças que trabalham com o tema do desenvolvimento rural e agroecologia no contexto do semiárido. E após essas rodadas de discussões, foram consensados três temas prioritários a serem trabalhados: **tecnologias de reaproveitamento da água cinza (com um olhar a partir do RAC)**⁷, **beneficiamento de produtos e fontes alternativas de energia**.

“Ajudei a definir as prioridades de investimento e quais tecnologias poderiam realmente trazer um impacto na vida das pessoas. O foco foi sempre a questão da vulnerabilidade das famílias e como uma inovação tecnológica poderia contribuir para uma vida mais digna”.

(DEPOIMENTO DE **ANDRÉ GONÇALVES**,
ESPECIALISTA EM AGRICULTURA SUSTENTÁVEL
E PROFESSOR DO IFSC)

O tema **tecnologia e sistemas de RAC** foi escolhido em função da importância de se potencializar o aproveitamento do recurso água, tão escasso na região e que é um imperativo para as estratégias de convivência com o semiárido. Além disso, a experiência de diversos sistemas de reúso de águas cinzas já implantados aponta para a sua relevância no desenho de estratégias de segurança alimentar e nutricional.

Outro ponto de destaque que justifica a escolha dos **sistemas de RAC** é o seu potencial de se transformar em política pública, semelhante ao Programa de Cisternas (P1MC), contemplando assim, potencialmente, milhões de famílias.

O tema **beneficiamento de produtos**, por sua vez, apresenta enorme potencial de também contribuir na promoção da segurança alimentar e nutricional, bem

7 A partir dos atores envolvidos nesta etapa do trabalho do COI, abordamos o tema de reúso de águas cinzas através dos conhecimentos de desenvolvimento e utilização do sistema RAC levado adiante pelo Centro Sabiá, Caatinga e outras organizações da Articulação do Semiárido Brasileiro. Existem vários sistemas com essa finalidade, mas que apresentam diferentes configurações técnicas, assim como as tecnologias sociais que as acompanham.

como na geração de alternativas de emprego e renda. Segundo relatos dos participantes das rodadas de debate, o volume de alimentos perecíveis perdidos todos os anos na época da safra por falta de recursos e tecnologias apropriadas para o beneficiamento, armazenagem e comercialização é muito grande.

O terceiro tema destacado foi a questão das **fontes de energia**. Uma parte substancial da matriz energética na região do semiárido é proveniente do desmatamento ilegal da vegetação para o uso da lenha, agravando ainda mais a situação de vulnerabilidade em relação à emergência climática. Por outro lado, o uso das fontes tradicionais de energia, tanto a elétrica quanto a proveniente da queima de combustíveis fósseis (gasolina, diesel e gás), é cada vez mais dispendioso. Os recentes aumentos no preço da energia vêm dificultando cada vez mais os processos de beneficiamento de produtos e mesmo outras atividades ordinárias do cotidiano das famílias. Assim, em função desses fatores, decidiu-se por incluir como grande tema dos desafios sociotécnicos a questão da geração e uso de energia.

Novas rodadas de debate reflexivo aconteceram entre a equipe do projeto e, por considerar o tema da energia muito amplo e complexo para o escopo do estudo, decidiu-se por trabalhar com os **sistemas de reaproveitamento da água cinza e o beneficiamento de produtos**.

Assim, a partir destes dois temas identificados, a metodologia do COI nos leva a olhar para as estruturas científico-tecnológicas existentes no país, de modo a conectar os desafios com o conhecimento técnico-científico existente e potencial para desenvolver inovações voltadas a estas temáticas.



3. CONECTANDO O CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Embora o processo participativo de caracterização dos desafios tenha envolvido e engajado especialistas e pesquisadores que atuam com agricultura regenerativa no semiárido, a especificidade dos desafios ensejava o mapeamento de outros pesquisadores e cientistas que têm desenvolvido conhecimentos e tecnologias nestas temáticas específicas.

A estratégia de mapeamento da produção científica é parte da metodologia de orquestração e dá visibilidade ao imenso contingente de conhecimento produzido no país, que muitas vezes não alcança o seu potencial prático de aplicação, seja por falta de conexão com as realidades, ou mesmo oportunidades de aplicação. Neste sentido, a WTT buscou a parceria do Instituto Nacional do Semiárido — INSA, que é uma instituição de ciência e tecnologia vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) com foco nas questões do semiárido, para contribuir no processo de mapeamento científico e tecnológico voltado aos desafios priorizados. O INSA possui uma produção científica potente e pesquisadores que atuam na pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para a gestão de recursos hídricos. Em especial, o NUTEA — Núcleo Temático de Estudos Aplicados às questões hídricas do Bioma Caatinga, que é um projeto do INSA em parceria com a Secretaria de Empreendedorismo e Inovação (SEMPI/MCTI), e que conta com uma equipe de especialistas na temática da pesquisa e desenvolvimento tecnológico da gestão de águas, foi fundamental no aporte científico e tecnológico desta iniciativa.

A visão do NUTEA, cujo objetivo é desenvolver ações estratégicas para as questões hídricas do Bioma Caatinga, conectou-se de imediato com a metodologia do COI de promoção de inovações orientadas por missões e, em especial, aos desafios priorizados. Assim, iniciou-se uma forte parceria que começa pelo mapeamento da produção científica e foi agregando pesquisadores ao projeto, que aportaram importantes conhecimentos técnico-científicos às análises. Ao mesmo tempo, foi incluída nesta etapa a pesquisadora da UEPB, Laiany Tassila, como bolsista de WTT, pela sua experiência com monitoramento de sistemas de reúso em águas cinzas junto a agricultores e organizações do Semiárido, para contribuir com o olhar dos saberes tradicionais e das redes sociotécnicas do Semiárido.

A seguir, são apresentadas algumas das pesquisas e tecnologias mapeadas a partir da contribuição da equipe de pesquisadores do INSA com o apoio da bolsista de WTT, tanto em relação ao reaproveitamento de águas cinzas, quanto em relação ao tema de perdas pós-colheita.

3.1 PESQUISAS E TECNOLOGIAS DE INTERESSE PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS

“No mestrado em Engenharia Ambiental, tive a oportunidade de trabalhar com a reutilização da água cinza na agricultura. Esse efluente doméstico era proveniente de todas as atividades desenvolvidas na residência, exceto dos vasos sanitários, e após o uso era tratado em um filtro físico e destinado às áreas produtivas. Com a convivência com esse tema, surge o interesse de estar sempre buscando meios para contribuir com o avanço das tecnologias de tratamento e reaproveitamento do efluente doméstico”

(DEPOIMENTO DE **LAIANY TÁSSILA FERREIRA**,
ENGENHEIRA AMBIENTAL E PESQUISADORA DO INSA).

No semiárido, a irregularidade da chuva, as altas taxas de evaporação e os longos períodos de estiagem impactam negativamente o abastecimento de água e a produção agrícola da região. Nesse contexto, considerar as águas cinzas tratadas para a agricultura é uma opção estratégica para prática sustentável. Para isso, o tratamento deve apresentar baixo custo de instalação e manutenção, além de operação adequada à mão de obra familiar, e atender a outros requisitos tecnológicos, econômicos e socioambientais.

É difícil determinar um sistema ideal para tratamento de água cinza porque muitos fatores podem influenciar sua eficácia, como os hábitos familiares, a disponibilidade de mão de obra, a capacidade de realizar a manutenção das estruturas de filtragem e tratamento, e as condições climáticas locais. Tudo isso pode afetar o funcionamento do sistema.

A partir de 1.500 publicações de naturezas diversas mapeadas (artigos, teses, dissertações, revistas, cartilhas e outros materiais), foram identificadas 23 tecnologias, como mostra a tabela abaixo. O levantamento usou como base o mapeamento da produção científica nacional feito pela Agência Bori, além de pesquisas mapeadas pelo projeto do Núcleo Temático de Estudos Aplicados às Questões Hídricas do Bioma Caatinga (NUTEA), desenvolvido pelo Instituto Nacional do Semiárido (INSA) e contribuições da bolsista de WTT. A Tabela 1 apresenta a relação das tecnologias identificadas e seus principais componentes.

TABELA 1. Relação das 23 principais soluções sociotécnicas para reúso de água encontradas nas publicações, e as 02 selecionadas

Títulos das produções	Sistema utilizado e seus componentes
Projeto águas de valor e sabor do semiárido baiano (água cinza)	Bioágua: filtro biológico, Tanque de Reúso e minhocário e mais uma área de cultivo. O filtro é composto por materiais orgânicos (maravalha, húmus, carvão e minhocas) e material inorgânico (areia, seixo e brita)
Sistema de Bioágua Familiar (água cinza)	Bioágua: Filtro Biológico, Tanque de Reúso e minhocário e mais uma área de cultivo. O filtro é composto por materiais orgânicos (maravalha, húmus, carvão e minhocas) e material inorgânico (areia, seixo e brita)
Desinfecção solar de águas cinza para aproveitamento agrícola no semiárido—RN (água cinza)	Caixa de gordura, tanque séptico (fossa séptica), filtro orgânico e reservatório, reator solar
Monitoramento e avaliação socioambiental de sistema compacto para tratamento e uso agrícola de água cinza (água cinza)	Tanque de equalização, um tanque séptico, um filtro anaeróbio de fluxo ascendente, um reator ultravioleta artificial, uma vala de infiltração e uma área para reúso agrícola e florestal.
Aperfeiçoamento e monitoramento de estação para tratamento e uso agrícola de água cinza no semiárido brasileiro (esgoto total)	Tanque de equalização, um tanque séptico, um filtro anaeróbio (composto por brita) de fluxo ascendente, um reator ultravioleta artificial, uma vala de infiltração e uma área para reúso agrícola e florestal.
Utilização de casca de coco em um sistema descentralizado de tratamento de águas residuais em grande escala: A influência de um filtro anaeróbio nas condições de manutenção e operação de um filtro de areia (esgoto total)	Fossa séptica, um filtro anaeróbio preenchido com casca de coco verde e um filtro de areia intermitente.
Uso da água cinza filtrada em cultivo irrigado na agricultura familiar no Sertão do Pajeú (água cinza)	RAC— caixa de gordura, filtro físico (areia, carvão e brita), tanque de armazenamento
Projeto Semeando Esperança (água cinza)	Caixa de gordura, decanto digestor (1000L) e caixa de irrigação (1000L)
Projeto Semeando Esperança (água cinza)	Caixa de gordura, decanto digestor (1000L), filtro biológico composto por tijolos lavados, brita, carvão e sabugo de milho ou maravalha de madeira e caixa de irrigação (1000L)

Títulos das produções	Sistema utilizado e seus componentes
Sistema saneamento fértil	Para água cinza: caixa de gordura, filtro (seixo rolado, brita, maravalha de madeira, minhoca) Para água negra: solução de esterco bovino e água, tanque de decantação
Jucati sustentável (água cinza)	Bioágua: Filtro Biológico, Tanque de Reúso e minhocário e mais uma área de cultivo. O filtro é composto por materiais orgânicos (maravalha, húmus, carvão e minhocas) e material inorgânico (areia, seixo e brita)
Sistema de reúso IRPAA (água cinza)	Caixa de gordura, filtro biológico (seixo, brita, areia grossa, pó de madeira ou capim seco), tanque de reúso
Sistema RAC (água cinza)	Caixa de gordura, filtro físico (seixo, brita, areia grossa, carvão e maravalha de madeira), tanque de reúso
Desempenho de sistema de tratamento e uso agrícola de água residuária sanitária no semiárido brasileiro (esgoto total)	Sistema ecológico de tratamento e uso agrícola de água residuária; composto por 2 tanques sépticos, 1 reator solar, 1 vala de infiltração
Avaliação físico química de águas cinzas tratadas por sistemas simplificados para produção agroecológica camponesa no semiárido brasileiro (água cinza)	Sistema simplificado; caixa de gordura; unidade de filtração, contendo três camadas de material inorgânico (seixo rolado, brita e areia), e tanque de armazenamento.
LABinho	LABinho Estação de tratamento de esgoto (ETE) desenvolvida pela empresa EEA e voltada para residências ou pequenos empreendimentos com reduzida vazão de esgoto.
Sistema da EMBRAPA Hortaliças	Sistema da EMBRAPA Hortaliças. Ao todo, são nove tanques, sendo três caixas de concreto e seis tanques de PVC, que desempenham diferentes processos até resultarem no efluente final
Wetlands combinados	Wetlands combinados; caixa de gordura, tanque de união, tanque de sedimentação, wetlands de fluxo vertical, wetland de fluxo horizontal
Círculo de bananeiras	Círculo de bananeiras
Fossa verde ou bacia de evapotranspiração	Fossa verde ou bacia de evapotranspiração
Biossistema integrado	Biossistema integrado
SARA — Saneamento Ambiental e Reúso de água	SARA — Saneamento Ambiental e Reúso de água

Entre os trabalhos analisados, o Sistema Bioágua Familiar (SBF) e o Sistema de Reúso de Águas Cinzas (RAC) se destacaram. O SBF, em particular, tem sido amplamente empregado por todo o semiárido por diferentes entidades, a exemplo do INSA.

Sistema Bioágua Familiar (SBF)

O reúso de água pelo **SBF**, difundido pelo INSA, apresenta baixo custo e é muito adaptável aos contextos e às capacidades locais de manejo e manutenção. Foi desenvolvido prevendo uma unidade para tratamento de água cinza e sua utilização na agricultura para produção de alimentos, principalmente para famílias e animais domésticos. Também é um sistema que permite aprendizados a partir da prática de princípios agroecológicos, sobretudo de manejos do solo, da água, da biodiversidade e da ciclagem de nutrientes, que são aplicáveis às demais áreas dos agroecossistemas de gestão familiar.

O Bioágua Familiar é formado pelos seguintes componentes: filtro biológico, tanque de reúso, sistema de irrigação (eletrobomba, tubulações com gotejamento), fonte hídrica e área de produção irrigada.

Após passar pela caixa de gordura, a água cinza é direcionada por uma rede hidráulica para filtros biológicos para a sua depuração. Em geral, utiliza-se como filtro biológico um recipiente com húmus de minhoca, ou mesmo um minhocário, pela riqueza de microrganismos com capacidade de purificar o afluente. Depois da filtração, a água é armazenada em tanques para ser utilizada na irrigação. Segundo o INSA, já foram instalados, com recursos do Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA), 494 sistemas beneficiando igual número de famílias em 21 municípios do semiárido brasileiro.

Sistema de Reúso de Águas Cinzas (RAC)

O **RAC**, por sua vez, destaca-se como uma tecnologia social de grande relevância para estratégias de convivência com o semiárido, pois apresenta um custo de implementação — em materiais e mão de obra — inferior ao de outros. Organizações como o Centro Sabiá e CAATINGA vêm promovendo a implementação de RACS associados a sistemas agroflorestais (SAFS).

A produção através de SAFS — de frutíferas, árvores nativas, forragem para animais e plantas — são integradas ao reaproveitamento da água. Estudos prévios apontaram que estes sistemas têm a capacidade de integrar a produção de alimentos com a promoção de serviços ecossistêmicos (fixação de CO₂ e conservação da biodiversidade)⁸. Em um contexto de urgências climáticas, é ainda mais importante a implantação de sistemas produtivos que tenham a capacidade de manter sua resiliência e de mitigar os efeitos do aquecimento global simultaneamente.

Apesar de já estarem consagrados como tecnologia social de grande relevância, os sistemas RAC precisam de algumas melhorias. De acordo com estudo realizado previamente, algumas famílias relataram que os sistemas nos quais se utiliza esterco como filtro não estavam funcionando muito bem, pois a água se acumula e causa mau cheiro. Outras apontaram para algumas adaptações necessárias visando melhorar o próprio funcionamento do processo de filtragem e distribuição da água. Na tabela abaixo, encontra-se uma lista de problemas relatados pelas famílias e assessoria técnica, assim como potenciais soluções.

8 Ver: <http://www.centrosabia.org.br/assets/uploads/pdf/sistemas-agroflorestais-no-semiarido-brasileiro-WEB.pdf>

Fatores-chave para os sistemas de tratamento e reúso de água

Custo de implantação. Ainda que os custos de implantação de sistemas de reúso de água cinzas sejam relativamente baixos, principalmente quando comparados a outras tecnologias de coleta e armazenagem da água, é sempre desejável que o valor de implantação do sistema seja baixo. Uma eventual e necessária política pública de fomento pode contribuir para reduzir o valor global do sistema.

Mão de obra qualificada para construção das estruturas de filtragem. A construção do sistema é relativamente simples, entretanto, como é uma tecnologia nova, é necessário que mais pessoas dominem o conhecimento para a edificação das estruturas. É preciso ter fundamentos sobre saneamento básico e mecanismos de filtragem de águas residuárias. Oficinas de capacitação nas comunidades rurais e material de apoio como apostilas e vídeos de divulgação podem resolver esta questão.

Qualidade do efluente para o uso da irrigação. Os sistemas de filtragem necessitam de um aprimoramento para que o efluente (água residuária) não contenha substâncias potencialmente poluentes e elementos que causem salinização do solo. As estruturas de filtragem devem, portanto, ser eficientes para garantir a qualidade da água.

Sistemas de fácil manuseio. A tecnologia deve ser adequada para que todas as pessoas da família possam operá-la e realizar as práticas de manutenção.

Uso de energia solar. Idealmente, o sistema de bombeamento de água, quando necessário, deve ser movido a energia solar, considerando os crescentes custos (financeiro e ambiental) da energia não-renovável. As placas fotovoltaicas estão cada dia mais acessíveis e de fácil instalação, portanto, recomenda-se que o sistema utilize a energia solar para o funcionamento.

Integração com outras tecnologias de captação e armazenagem. É desejável que a tecnologia seja integrada a outras estratégias de captação e armazenagem de água como as cisternas, barreiros ou poços.

Sistemas de irrigação. Semelhante à estrutura de filtragem do efluente, os equipamentos de irrigação associados ao sistema de reúso devem ser de custo acessível, eficientes e de fácil manuseio e manutenção. O sistema de gotejamento, mais recomendável para regiões com grande déficit hídrico, deve ser aprimorado buscando maior eficiência e utilização adequada do recurso.

Geração de renda e segurança alimentar. Os sistemas produtivos irrigados pela água proveniente da filtragem devem ser capazes de contribuir para a segurança alimentar e nutricional das famílias, bem como para a geração de renda. A implantação de sistemas agroflorestais diversos, com espécies endêmicas do bioma Caatinga, possui um grande potencial de melhorar substancialmente as condições socioeconômicas das famílias.

TABELA 2.**Principais problemas associados aos sistemas RAC**

Problema reportado	Possíveis soluções
Sistema que não filtra adequadamente	Fazer melhorias e adaptações nos filtros implantados; verificar qual o melhor sistema para filtragem nos diferentes contextos; em geral o sistema de carvão funciona melhor
Dimensionamento da tubulação	Redimensionar a tubulação de acordo com as observações das famílias beneficiadas
Demora em encher o reservatório do sistema RAC em função de pouco uso de água	Dimensionar os sistemas de acordo com o uso de água da família
Caixa de gordura que enche com muita frequência	Informar as famílias que têm que limpar as caixas com mais frequência
Proliferação de mosquitos	Tampar os reservatórios de água e os filtros; verificar possibilidades de controle biológico
Mau funcionamento da motobomba	Redimensionar a motobomba; verificar as causas do mau funcionamento das bombas
Entupimento das linhas de irrigação	Redimensionar as linhas de irrigação; melhorar a filtragem da água
Caixa de alvenaria X Caixas de PVC	Optar por caixas de alvenaria

Fonte: Elaboração do Prof. André Gonçalves

3.2. ENCONTRANDO AS TECNOLOGIAS MAIS PROMISSORAS PARA REDUÇÃO DAS PERDAS PÓS-COLHEITA

O ciclo para a conexão do mundo científico com o desafio da redução das perdas pós-colheita para a agricultura familiar do semiárido, no entanto, aconteceu de forma

diferente do desafio de reúso de águas cinzas descrito anteriormente. Neste caso, havia ainda algumas questões sobre a problemática do desafio que apresentavam a complexidade do tema, como, por exemplo, as perdas no beneficiamento junto às agroindústrias rurais, o que estava ligado à disponibilidade de energia (quantidade e qualidade) nos territórios, a necessidade de soluções de energia renovável que, por sua vez, impactavam no custo e, consequentemente no preço final. Enfim, um conjunto de causas e efeitos que aumentavam a complexidade da questão das perdas pós-colheita. Nesse momento, a casualidade e a sorte (por que não dizer?) de ter na equipe de especialistas que estava discutindo os desafios o pesquisador doutor em engenharia de alimentos e coordenador de pesquisa do INSA, Emmanuel Pereira, bem como a própria diretora do INSA e também engenheira de alimentos, Dra. Monica Tejo, foram fatores importantes.

A partir das contribuições destes pesquisadores do INSA, foi possível avançar no processo de depuração da problemática do desafio de perdas pós-colheita, sendo esse dividido em dois subtemas: a) melhor aproveitamento dos itens que já são produzidos nas propriedades rurais, mas que não são utilizados por falta de estruturas e equipamentos para a sua devida transformação e armazenamento; e b) alimentos que deixam de ser produzidos pela falta de equipamentos e pelos produtos desperdiçados em função das dificuldades de transporte, armazenagem e comercialização.

Sobre o subtema **melhor aproveitamento dos itens que já são produzidos nas propriedades rurais**, mas que não são utilizados por falta de estruturas e equipamentos para a sua devida transformação e armazenamento, durante os encontros para a seleção dos desafios sociotécnicos, vários representantes de organizações atuantes no semiárido relataram que, todos os anos, diversos produtos, principalmente frutas como a manga, o umbu, o cajá, dentre outras, perdem-se nos campos devido à carência de equipamentos

para o processamento e à falta de estruturas de armazenagem. Esses produtos poderiam facilmente ser aproveitados caso houvesse investimentos mínimos para o beneficiamento.

Já os **alimentos que deixam de ser produzidos pela falta de equipamentos** e pelos **produtos desperdiçados em função das dificuldades de transporte, armazenagem e comercialização** estão ligados à falta de logística que inibe a produção e ocasiona perdas substanciais de alimentos que poderiam estar contribuindo na segurança alimentar e nutricional da população e mesmo na geração de receitas para as famílias.

Aprofundando o debate em **perdas pós-colheita de frutas**, percebeu-se que esse tem sido um entrave importante para o desenvolvimento do setor. As perdas têm grande impacto na sustentabilidade dos sistemas alimentares, uma vez que reduzem a disponibilidade de alimentos, geram menores rendas para os produtores e aumentam os preços para os consumidores. Estima-se que, mundialmente, 40 a 50% das frutas e hortaliças produzidas são perdidas ou desperdiçadas ao longo da cadeia produtiva.

A produção da agricultura familiar é, em grande parte, sazonal e definida em função das chuvas. No período de safra, as perdas pós-colheita são maiores em frutas, primeiro porque são itens mais perecíveis e, segundo, pela falta de classificação dos frutos após a colheita, o que leva à oferta de produtos de qualidades distintas e com menor apelo comercial.

A partir daí, possíveis soluções para o problema das perdas pós-colheita de frutas foram analisadas após um levantamento das principais tecnologias de conservação de frutos *in natura* com base em trabalhos científicos indexados no *Web of Science*, *Scopus* e *Pubmed*. Os resultados desse levantamento são apresentados na Tabela 3 e levaram em consideração as vantagens e desvantagens de cada tecnologia, com o foco na acessibilidade e manejo.

TABELA 3.
Síntese de tecnologias com potencial
para a redução de perdas pós-colheita
e vantagens e desvantagens

PontuaçãoT	Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
1 ^a	Revestimento	Baixo custo, uso de materiais biodegradáveis, fácil aplicação, flexibilidade para uso em diferentes cultivares, valorização do profissional e dos produtos, sustentabilidade ambiental e humana, aplicação imediata, resultados em curto prazo, produtos mais atrativos, prolonga a vida útil do produto, pode ser utilizada sem associar a refrigeração.	Aquisição de insumos, treinamento dos profissionais.
2 ^a	Óleos essenciais	Sustentabilidade ambiental e humana, biodegradável, propriedades benéficas para a saúde, propriedades antifúngica e antibacteriana, prolonga a vida útil do produto.	Alterações sensoriais, custo alto, aquisição de insumos, treinamento dos profissionais.
3 ^a	Armazenamento hiperbárico	Inativação de microrganismos patogênicos, extensão da vida útil, tecnologia limpa por não gerar efluentes e sem necessidade de refrigeração, baixo consumo de energia.	Custo alto, necessidade de aquisição de equipamentos e mão de obra capacitada.
4 ^a	Refrigeração	Redução da taxa respiratória com o aumento do tempo de armazenamento.	Custo alto, necessidade da aquisição de equipamentos e infraestrutura.
5 ^a	Embalagens com atmosfera modificada	Controle das trocas gasosas e perdas de massa e água, prolonga a vida útil do produto.	Custo alto, aquisição de insumos e equipamentos, necessidade de treinamento dos profissionais.
6 ^a	Radiação	Redução da carga microbiana, melhorar os benefícios nutricionais, prolongar a vida útil do produto.	Custo alto, aquisição de equipamentos, necessidade de treinamento dos profissionais e risco de contaminação.

"O Brasil tem um vasto potencial de adotar práticas que influenciem positivamente a geração de renda de pequenos agricultores e a segurança alimentar do país. Contudo, os investimentos de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) em abordagens como a agroecologia e a agricultura regenerativa ainda são muito pequenos quando comparados com as iniciativas orientadas para a produção em grande escala. As práticas da agroecologia poderiam — e deveriam — se beneficiar muito mais dos conhecimentos e da infraestrutura do sistema brasileiro de CT&I."

Características desejáveis de tecnologias para reduzir perdas pós-colheita

- **Custo e acessibilidade:** A tecnologia a ser desenvolvida deve, necessariamente, ter um custo acessível para as milhares de famílias de agricultores e agricultoras do semiárido. Além disso, deve ser suficientemente simples e de fácil acesso. Muitas tecnologias de beneficiamento da produção, por exemplo, requerem altos investimentos e são regulamentadas por uma legislação complexa e completamente fora da realidade da agricultura familiar.
- **Utilização de insumos regionais:** Os produtos típicos do bioma Caatinga devem ser priorizados. A conservação do bioma Caatinga, que se encontra gravemente ameaçado, e a construção de sistemas produtivos resilientes de convivência com o semiárido deve seguir o imperativo de valorizar a sociobiodiversidade local.
- **Eficiência e fácil manutenção.** É desejável que a tecnologia seja simples o suficiente para ser implantada e, principalmente, de fácil manuseio e manutenção.
- **Resolução um problema percebido pela população:** Preferencialmente, a tecnologia para a redução das perdas pós-colheita deve solucionar um problema que seja amplamente percebido pelas famílias. Assim, a probabilidade de expandir a sua adoção será maior.

Conectando com o conhecimento sobre revestimentos de frutas

A contribuição científica e o conhecimento prático dos pesquisadores no debate a respeito da problemática levaram à escolha para o desenvolvimento de tecnologias de revestimento de frutas como uma alternativa de baixo custo e fácil manejo para os agricultores.

Os revestimentos podem estender à vida útil das frutas, reduzindo significativamente as perdas pós-colheita e a necessidade de refrigeração. Os materiais usados como revestimento podem ser biodegradáveis e incentivar o desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis, agregando valor ao produto, gerando renda e independência financeira para pequenos agricultores e agricultoras. A aplicação de revestimento como filmes nas frutas também é uma das

soluções com menos barreiras para a aplicação no sistema de produção da agricultura familiar no semiárido.

Os filmes e revestimentos ativos baseados em biopolímeros estão entre as tecnologias de última geração para uma eficiente redução da carga microbiana e manutenção da qualidade de frutas frescas. Estas soluções podem ser caracterizadas como tecnologias pós-colheita amigáveis ao meio ambiente capazes de preservar parâmetros de qualidade em frutas frescas. São itens de fácil desenvolvimento, não sendo necessárias grandes mudanças no sistema de produção, o que pode despertar o interesse da população, aumentando a aceitação e construindo um diferencial inovador para a oferta de produtos de alta qualidade nutricional.

Os revestimentos, que também podem ser comestíveis, atuam nas frutas como barreira ao transporte de gases e vapor de água, aumentando a integridade estrutural; retêm componentes voláteis constituintes do odor e do sabor e podem atuar como agentes antimicrobianos, permitindo maior flexibilidade de manuseio e comercialização. Os filmes e revestimentos são elaborados a partir de proteínas, hidrocolóides, polissacarídeos e lipídios ou uma combinação de todos eles.

Partindo dessas análises, foram realizadas pesquisas para definir materiais destinados à aplicação de revestimentos **comestíveis em frutas**, enfatizando a redução significativa das perdas pós-colheita, a diversificação dos alimentos ofertados, e a valorização dos produtos da agroecologia.

Alguns materiais foram indicados com potencial para serem a base do desenvolvimento deste tipo de revestimentos no contexto do semiárido: **a quitosana, a cera de abelha, o amido de mandioca, a cera de carnaúba e o *Aloe vera***. Todas estas opções são recursos naturais de fácil acesso para pequenos produtores e possuem um vasto estudo bibliográfico com resultados significativos na conservação pós-colheita de frutas.



4. AVANÇANDO NO DESENVOLVIMENTO DAS TECNOLOGIAS

“Partimos de problemas concretos que são vividos no cotidiano das famílias, e acredito que as relações colaborativas entre os centros de pesquisa e o conhecimento popular têm um efeito muito poderoso de transformação. Porém, nem sempre isso caminha de forma tranquila. Os tempos de um e de outro são diferentes. A lógica de um projeto de pesquisa geralmente obedece a cronogramas que nem sempre estão sintonizados com as demandas do contexto da agricultura familiar. Harmonizar estes distintos tempos e agendas ainda é um desafio”.

(DEPOIMENTO DE **ANDRÉ GONÇALVES**, ESPECIALISTA EM AGRICULTURA SUSTENTÁVEL E PROFESSOR DO IFSC)

Como todo processo de desenvolvimento de tecnologias e inovações, são necessárias muitas idas e vindas. São percorridos caminhos que eventualmente são interrompidos ou alterados. E, sobretudo, são necessários e imprescindíveis os debates reflexivos com a contribuição de diferentes atores no processo, com seus diversos saberes e conhecimentos, que não só o científico. Este conhecimento deve ser acionável e construído em colaboração com todas as partes interessadas no processo.

Assim, nesse percurso da jornada, também se agregam e distribuem atores-chave para avançar no desenvolvimento das tecnologias. A metodologia de orquestração do COI da WTT busca agregar esses atores, congregando-os no desenvolvimento das tecnologias.

No caso da tecnologia de reúso, foram agregados ao processo importantes parceiros que levaram a cabo o desenvolvimento e aplicação de um piloto. O PATAC (Programa de Aplicação de Tecnologias Apropriadas), uma entidade de assessoria técnica e sócio-organizativa que atua a 45 anos no semiárido, concentrando sua ação numa das regiões mais secas da Paraíba, agregou-se à iniciativa. O PATAC e o INSA já desenvolveram estudos sobre práticas de reúso de efluentes como fonte hídrica para agricultura familiar. E esta experiência foi importante para o projeto piloto.

Além do PATAC, agregaram-se ao projeto de reúso de águas cinzas a Universidade Federal Rural de Pernambuco, que aportou valiosos conhecimentos a partir de suas experiências no tema. A metodologia do projeto valorizou o diálogo de saberes entre o conhecimento popular e o conhecimento acadêmico na perspectiva da construção coletiva do conhecimento. O processo de formação deu visibilidade ao papel das famílias agricultoras, bem como de suas organizações como protagonistas das ações e políticas públicas de convivência com o semiárido e de promoção da agroecologia. Os passos a seguir envolvem a avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água tratada, bem como o desenvolvimento de aspectos relacionados à operação e manutenção dos sistemas, incluindo os sistemas de irrigação.

Já o projeto de redução de perdas pós-colheita seguiu agregando ao seu desenvolvimento pesquisadores da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) por meio da colaboração com o Laboratórios do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade. Em seu desenvolvimento estão previstos, além do levantamento de biopolímeros usados na elaboração de revestimentos comestíveis e dos principais produtos agrícolas (frutas) produzidos na região do semiárido, estudos da eficiência e da viabilidade da utilização de

revestimentos nas principais frutas produzidas nas pequenas propriedades agrícolas situadas no estado da Paraíba, realização de experimentos em pequena e em grande escala para selecionar os melhores revestimentos e fazer a validação dos resultados, e ainda a confecção de manuais e cartilhas para a difusão dos conhecimentos e ampla aplicação da tecnologia. A ideia é testar diversas formulações e identificar insumos que estejam disponíveis localmente e que sejam simples de produzir e aplicar.



CONCLUSÃO

Como abordado no decorrer desta publicação, o desperdício e a insegurança alimentar caminham juntos quando falamos de produção de alimentos e sistemas alimentares. Esses são problemas que atingem ou potencialmente poderão atingir todos os países, mas que afetam de forma mais aguda algumas regiões e populações específicas.

O desperdício de alimentos é especialmente elevado com produtos frescos (*in natura*), como geralmente são vendidas e consumidas as frutas, e se amplia quando as condições e tecnologias para conservação são limitadas. Numa convergência perversa, a insegurança alimentar se agrava em nosso país e afeta especialmente o Norte e o Nordeste, e as populações rurais. A falta de alimentos, muitas vezes, também é acompanhada pela falta de água, que é o diferencial para viabilizar ou ampliar a produção de alimentos, principalmente frutas, legumes e hortaliças em regiões de pouca chuva, como o semiárido.

O conhecimento desse cenário e de seus desafios motivaram esta publicação. Buscamos não apenas abordar as soluções tecnológicas inovadoras, mas mostrar a importância de se pensar tecnologias a partir de problemas concretos e para populações mais vulneráveis ou comumente afastadas dos “sistemas de inovação” e das políticas e empreendimentos privados de desenvolvimento tecnológico.

Também buscamos trazer a prática científica aplicada em seu processo para o desenvolvimento de tecnologias e inovação. Isso envolveu idas e vindas, abertura, diálogo entre equipes de pesquisa de diversas áreas do conhecimento e entre atores distintos e interação entre

conhecimentos técnico e científico e outros como dos agricultores/as, gestores/as de instituições e organizações públicas e privadas.

Os resultados compartilhados até aqui contribuem para entender e encontrar soluções concretas para os principais desafios para promoção da agricultura de base regenerativa e agroecológica no semiárido brasileiro. Buscamos propor soluções de base tecnológica adequadas a este contexto, à realidade das famílias e da agricultura familiar na região que sejam eficientes, seguras, com custos baixos e trabalhos de implementação e manutenção o mais simples possíveis.

Durante o desenvolvimento de pesquisas orientadas a soluções de problemas, entendemos que a gestão do processo científico e a conexão das tecnologias com setor produtivo e empresarial, com as políticas públicas e com as redes de movimentos sociais é fundamental. É importante pensar em estratégias permanentes de busca de novas fontes de financiamento tanto para o desenvolvimento tecnológico, quanto para a disseminação dos resultados da pesquisa e da tecnologia em si.

Finalizamos com uma consideração que se faz necessária pela própria característica dos dois desafios trabalhados: é necessário promover transformações nos sistemas agroalimentares que gerem segurança alimentar e nutricional de toda a população, conservem os diferentes ecossistemas e garantam renda para milhões de pessoas, especialmente as mais vulneráveis.

Essa meta maior envolve muito mais do que soluções tecnológicas: implica em mudança de paradigmas. Pressupõe mudanças profundas e estruturais, que passam por questões como acesso à terra e reforma agrária, concentração de poder e distribuição da riqueza, valorização e participação das mulheres nas estruturas de poder, governança colaborativa, democratização dos bens e recursos da natureza, e redefinição das priorida-

des nas políticas de construção do conhecimento, dentre inúmeras outras.

Precisamos de cada vez mais parcerias, intercâmbio e colaboração para realização de projetos que também sejam conceitualmente inovadores em suas concepções e metodologias. Uma ideia que pode ser resumida em uma sentença já popular e que é atribuída a um célebre cientista: loucura é continuar fazendo a mesma coisa esperando resultados diferentes⁹.

Dito isso, animamos a difusão desses frutos e a multiplicação de projetos e ações de P&D diferentes, que consigam resultados mais condizentes com tantos dos desafios socioambientais que enfrentamos e enfrentaremos como sociedade.

*“Se você visse como é o meu sertão
Aí você diria que eu falo com razão*

*Tem ano lá que o inverno é variado
Lucro e remessa num canto e outros não
O sertanejo ainda num desespero
Com coragem ainda espera pela safra de algodão
Havendo safra nem é bom falar
Meu Deus do céu, e com tanto samba que há*

*O sertanejo esquece logo o tempo ruim
Finca o pé na dança sem sentir cansaço
No outro dia cuida da obrigação
Digo por esta razão que meu sertão é de aço...
Trá lá láí...”*

(LUIZ GONZAGA, SERTÃO DE AÇO)

⁹ A frase é atribuída ao físico Albert Einstein (1879-1955), porém, não existe comprovação.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1) *Mission-oriented innovation for smallholder regenerative agriculture*

Genival Barros Junior (UFRPE); Jucilene Silva Araújo (INSA/MCTI); Mateus Cunha Mayer (INSA/MCTI); Rodrigo de Andrade Barbosa (INSA/MCTI); George Rodrigues Lambais (INSA/MCTI); Antônio Carlos Pires de Melo (PATAc); Afonso Matias (PATAc)

2) *Mapeamento das principais tecnologias existentes e pesquisas em desenvolvimento com finalidade de tratamento e reúso de águas cinzas*

Emmanuel Moreira Pereira; Anderson dos Santos Formiga; Mônica Correia Gonçalves; Antônio Ângelo Fernandes Ferreira; Amanda Sonalle Fernandes; Maria Climene Almeida; e Verlânia Fabíola Farias; Shênia dos Santos Monteiro

3) *Ciência, Tecnologia e Inovação para a agricultura (Produto I — Levantamento e análise das demandas sociotécnicas e Produto II — Seleção de desafios sociotécnicos)*

André Luiz Gonçalves (IFSC)

4) *Ciência, Tecnologia e Inovação para a agricultura familiar (Produtos III — Identificação e detalhamento dos desafios e oportunidades e Produto IV — Breve descrição e caracterização de potenciais soluções)*

André Luiz Gonçalves (IFSC)

5) *Soluções para perda pós-colheita: Cadeia de valor da agricultura familiar no semiárido brasileiro* e 6) *Pesquisa Mapeamento de competências nacionais no tema conservação pós-colheita com aplicação de revestimentos comestíveis*

Emmanuel Moreira Pereira (INSA/MCTI) e Shênia Santos Monteiro (UFCG)

7) *Mapeamento de cientistas e composição das equipes e avaliação do potencial de cientistas e pesquisas mapeadas para gerar soluções eficazes em reúso de água cinzas*

Laiany Tássila Ferreira; Mateus Cunha Mayer; Rodrigo de Andrade Barbosa; Wilza da Silva Lopes (INSA)



PUBLICADO EM JUNHO DE 2023

