

O desenvolvimento tecnológico das cadeias produtivas latino-americanas¹

Duarte Vilela²
Daniel Horacio Basigalup³
Reinaldo Ferreira⁴
Eliseu Alves⁵

Resumo – As ações futuras que visam ao desenvolvimento tecnológico dos sistemas agroalimentar e agroindustrial latino-americano devem buscar antecipar tendências e garantir o ajuste permanente das prioridades de pesquisa e desenvolvimento, com vistas às inovações que se inspiram na lógica de cadeias produtivas, cada vez mais dependentes de conhecimento e tecnologia. Para garantir a oferta crescente de alimentos em quantidade e qualidade, preservando os recursos naturais e agregando valor ao produto, é necessário investir em pesquisa, numa abordagem transdisciplinar, em sistemas cada vez mais complexos e com forte ênfase em tecnologias convergentes. A migração de sistemas de produção com poucas atividades para aqueles mais complexos será uma realidade nas próximas décadas, contribuindo com os processos cada vez mais dinâmicos que acompanharão a agroindústria que se descortina para o futuro. Esse cenário trará nas próximas décadas novos paradigmas agrossocioambiental e colocará a América Latina em evidência. O avanço da urbanização e novos hábitos alimentares exigirão atenção ao crescimento e sofisticação da demanda por bens e serviços. É necessário se reinventar, à medida que cresce a pressão por eficiência no uso dos recursos naturais, emergindo um novo padrão de produção focado na entrega de produtos com controle de qualidade, rastreados e de maior diversificação. Nesse cenário promissor e de grande potencial de utilização, a América Latina pode sair na frente para apoiar a expansão dos sistemas agroalimentar e agroindustrial, tomando a alfafa como base de uma plataforma para direcionar futuras pesquisas em rede, gerando conhecimento para promover inovações e desenvolvimento tecnológico sustentável na região.

Palavras-chave: alfafa, antecipar tendências, inovação tecnológica.

The technological development of the productive chains in Latin America

Abstract – Future actions aimed at the technological development of Latin American agri-food and agro-industrial systems should seek to anticipate trends and ensure the permanent adjustment of research and development priorities, with a view to innovations inspired by the logic of productive chains, which are increasingly dependent on knowledge and technology. In order to ensure quantity

¹ Original recebido em 17/4/2020 e aprovado em 19/5/2020.

² Engenheiro-agrônomo. E-mail: duarte.vilela@embrapa.br

³ Engenheiro-agrônomo. E-mail: daniel.basigalup@inta.ar

⁴ Engenheiro-agrônomo. E-mail: reinaldo.ferreira@embrapa.br

⁵ Engenheiro-agrônomo. E-mail: eliseu.alves@embrapa.br

and quality for the increasing supply of food while preserving natural resources and adding value to the product, it is necessary to invest in research, in a transdisciplinary approach, in systems that are increasingly complex and strikingly bound to convergent technologies. The migration of production systems with few activities to those more complicated will be a reality in the coming decades, contributing to the increasingly dynamic processes that will be part of the agribusiness that opens up for the future. This scenario will bring in the upcoming decades new agro-socio-environmental paradigms and places Latin America in evidence. The advance of urbanization and the new dietary habits of the population will exact attention to the growth and sophistication in demand for goods and services. The sector needs to reinvent itself as the pressure for efficient use of natural resources grows leading to the emergence of a new production pattern focused on the delivery of products with quality control, traceability, and greater diversification. In this promising scenario with great potential for use, Latin America can move forward to support the expansion of the agro-food and agro-industrial systems, taking alfalfa as the basis of a Platform to direct future networked research work, generating knowledge to promote innovations and sustainable technological development in the region.

Keywords: alfalfa, anticipating trends, technological innovation.

Introdução

Segundo a ONU... (2017), a população mundial em 2050 chegará a 9,8 bilhões de habitantes, o que exigirá produzir 70% a mais de alimentos. Já o número de habitantes da América Latina e do Caribe crescerá 25%, passando de 635 milhões atuais para 793 milhões em 2061, segundo a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (População..., 2015). A região possui cerca de um terço dos recursos mundiais de água doce e mais de um quarto da terra cultivável do mundo. Sua produção agrícola possui enorme variação, indo da subsistência ao agronegócio sofisticado e representa 16% das exportações mundiais (Rabobank, 2017). Hoje, cerca de 50% da produção de alimentos da região vem de seus 14 milhões de pequenos agricultores (Barbanti Jr., 2016; Agrolac, 2017). Enquanto para muitos isso significa a importância da pequena produção, para empreendedores representa um mercado – terras a conquistar (Agrolac, 2017).

Tem-se a convicção de que nenhuma organização ou grupo de cientistas detém isoladamente as competências para ajudar um país a enfrentar um ambiente cada vez mais complexo e dinâmico para competir em um mercado globalizado. A migração de sistemas de produção

com poucas atividades para aqueles mais complexos se destaca como forte tendência para as próximas décadas. Nesse contexto, as plataformas tecnológicas poderão apoiar seu desenvolvimento, alicerçando os processos cada vez mais difíceis que acompanharão o agronegócio que se descortina para o futuro, atuando como força indutora na geração do conhecimento.

Tendo em vista a importância do complexo agroalimentar e agroindustrial para o atendimento da demanda interna por produtos de qualidade e de alto valor agregado, as áreas de competências disponíveis nos países latino-americanos precisarão inovar e criar oportunidades para inserir novos arranjos produtivos. As plataformas podem favorecer esse ambiente, possibilitando reunir “cluster” de pesquisadores ou mesmo de instituições para acelerar avanços em pesquisa na busca de competitividade e de modernização tecnológica em torno de um produto e de sua inserção no segmento produtivo ao qual ele se destina, ampliando a capacidade de um país ou região de participar efetivamente de um mercado cada vez mais globalizado. Considera-se altamente desejável a adoção de plataformas numa concepção multi-institucional e multiusuário destinadas a profissionais que poderão viabilizar a união de competências para atuar em pesquisa em rede, gerando conhecimento para promover inovações

e desenvolvimento tecnológico sustentável das cadeias produtivas, tomando a alfafa como modelo – poderia ser a soja ou outra commodity com características semelhantes.

Por que a alfafa? Por ser uma planta multifacetada de potencial de uso sem igual, que vai da indústria farmacêutica e cosmética à alimentação humana. Na pecuária, destaca-se pelas características inigualáveis de qualidade para compor a alimentação de bovinos e caprinos, bem como de equinos e pequenos animais (pets), tanto como alimento exclusivo quanto complementar.

Rede de inovações tecnológicas prioritárias para a alfafa na América Latina

Um organograma conceitual do que se idealiza de uma plataforma tecnológica, estruturada em rede virtual com temas prioritários para pesquisa, desenvolvimento e inovação, será alicerçada em eixos que nortearão as futuras pesquisas com alfafa na América Latina, seja na pecuária, seja na agroindústria transformadora. A troca de informações entre os potenciais usuários da rede criará uma base de conhecimento acumulativo que será de fundamental importância para as futuras pesquisas com alfafa, evitando, assim, a duplicidade de ações. Essa base poderá ser coordenada pela Embrapa ou por uma universidade ligada à área de ciências agrárias no Brasil, bem como pelo Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Inta), na Argentina, por exemplo, tendo os centros de pesquisa e ensino situados nos demais países latino-americanos acesso como usuários das informações disponíveis ou participantes ativos no processo de desenvolvimento da plataforma, podendo ser potenciais colaboradores na execução das pesquisas e na geração de dados.

Na pecuária, as prioridades serão classificadas conforme o grau de relevância, tendo em vista que países como o Brasil, com características peculiares de solos e de clima tropical, apresentam prioridades distintas de países como Argentina, Uruguai e Chile, sem considerar o

avançado estágio em que as pesquisas se encontram nesses locais.

No Brasil, em evento realizado em São Carlos, SP, Vilela et al. (2008) descreveram as prioridades de pesquisa em alfafa nas áreas de melhoramento vegetal, produção de sementes, pastejo, irrigação, controle de plantas daninhas, rotação de cultura, manejo de pragas e doenças e avaliação econômica. Depois do evento, um painel de especialistas acrescentou, como prioridades, as áreas de conservação de forragens, forragicultura e nutrição animal, meio ambiente, solos (capacidade de regenerar solos e áreas degradadas) e transferência de tecnologia.

Pouco se evoluiu no Brasil desde aquele evento, exceto quanto aos estudos alternativos às atuais fontes de energia e de proteína na alimentação de vacas em lactação com alfafa, o que comprovadamente reduz o custo e a sazonalidade da produção de leite, pela menor estacionalidade de produção de forragem (Rodrigues et al., 2008).

Pode-se perceber que hoje, depois de uma década daqueles estudos, há ainda carência de análise da adoção das tecnologias pelos produtores, o que traz sérios obstáculos à expansão da cultura no Brasil, situação agravada pela falta de cultivares adaptadas aos trópicos e por deficiências em programas de transferência de tecnologia voltados para a inserção definitiva da alfafa como opção forrageira em sistemas intensivos de produção. Questões culturais também têm peso nessa decisão, principalmente pelo fato de o pecuarista normalmente não ser agricultor e de a cultura da alfafa exigir conhecimento próprio, bem como do paradigma de que a alfafa é uma forrageira apenas para o sul do continente, além do desapontamento de alguns produtores por terem usado pacote tecnológico importado de países de clima e de solo diferentes. As próprias universidades ligadas à área agrária não adotam o estudo da cultura em suas grades curriculares, optando pelas tradicionais gêneros de *Panicum* e de *Brachiaria*.

No Centro-Oeste do Brasil predomina Latossolos, caracteristicamente ácidos, com bai-

xo valor de capacidade de troca catiônica, alta saturação por alumínio e reduzida disponibilidade de fósforo (P). Essa característica é um exemplo claro da demanda de pesquisa para esse tipo de solo na América Latina, encontrado tanto no Brasil e no extremo nordeste da Argentina quanto em outros países – Peru, Colômbia, Venezuela e Bolívia, por exemplo. Para que a alfafa seja inserida nos sistemas de produção desses países, é importante que haja cultivares tolerantes à toxidez de alumínio e à baixa disponibilidade de P. Materiais adaptados a solos ácidos e com baixa disponibilidade de P também são de grande importância em algumas regiões produtoras do Uruguai e da Mesopotâmia argentina de solo com pH é inferior a 5,8 (Itria, 1986; Díaz Zorita & Gambaudo, 2007). Além dessas particularidades, outros pontos a considerar são as elevadas temperaturas e a alta umidade, que requerem cultivares adaptadas a estresses bióticos e abióticos. Em todos os ambientes, tanto em condições tropicais quanto temperadas, o desenvolvimento de cultivares adaptadas deve ser acompanhado de estudos de solo e de rizóbios (*Synorhizobium meliloti*) de modo a assegurar a fixação biológica de nitrogênio.

Em muitas regiões da América Latina, a exemplo do Brasil, outra restrição à expansão do cultivo da alfafa é o desconhecimento do manejo correto da irrigação da cultura. A suplementação de água por irrigação é uma das técnicas que podem ser adotadas para minimizar os efeitos do déficit hídrico que normalmente ocorre nas regiões tropicais. Na maioria dos casos, o custo é elevado e o acréscimo desejado e necessário na produtividade pode não ser atingido, comprometendo assim a pegada hídrica da cultura e os resultados econômicos esperados pelo produtor. Pesquisas sobre sistemas de irrigação (em particular os de maior eficiência, como o gotejamento) e sobre o uso controlado de águas de menor qualidade (salinas e águas poluídas ou residuais) contribuirão para melhorar a produtividade das áreas onde a disponibilidade de água para uso agrícola possui limitações.

A alfafa é uma cultura altamente sensível à interferência de plantas invasoras, principalmen-

te no período chuvoso, e necessita de cuidados especiais quanto ao seu controle. Todas as espécies de plantas invasoras afetam a produção de forragem, mas algumas são encontradas em maior número e com maior frequência em determinadas regiões e em determinadas condições edafoclimáticas. O estudo dessa distribuição é de suma importância, uma vez que a magnitude dos problemas depende não só da intensidade da incidência mas também da composição da comunidade infestante da área.

Sistema de rotação de cultura que envolve leguminosas com gramíneas, visando, principalmente, à racionalização do uso de nitrogênio na cultura subsequente, tem demonstrado ser viável e a alfafa poderá ser uma opção principalmente por reduzir custo de produção e pelo potencial de minimizar a contaminação do lençol freático com nitrato. No entanto, são poucos os resultados experimentais, e o comportamento da alfafa precisa ser mais bem estudado nesse sistema, principalmente com plantio direto em palha. Além disso, é importante estimar o potencial de fixação de nitrogênio para a cultura sucessora e sua capacidade para melhorar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, o que seria uma excelente contribuição para resolver a degradação das pastagens e de solos tropicais. Deve-se lembrar que 60% das pastagens tropicais brasileiras exibem algum grau de degradação (Andrade et al., 2016).

O que mais se procura numa forrageira é seu potencial produtivo, e a alfafa, quando bem manejada, fertilizada e irrigada, pode alcançar a produtividade anual de 25 toneladas de matéria seca por hectare (Fontes et al., 1993). Portanto, para inserir a alfafa como forrageira de alta produtividade e persistência, independentemente das condições edafoclimáticas no Brasil, é necessário aprofundar estudos na área de correção e de fertilidade do solo. O complexo formado por acidez e baixa fertilidade da maioria dos solos brasileiros impede que a bactéria simbiótica *Sinorhizobium meliloti*, específica para a alfafa, seja eficiente quanto à fixação de nitrogênio em pH abaixo de 6,8 (Honda & Honda, 1999).

Para muitas áreas produtivas, será importante avaliar o impacto da fertilização com macro e micronutrientes e o uso de novos tipos de formulação do produto (como as nanopartículas) para melhorar a eficiência e reduzir os custos de aplicação. Igualmente, pesquisas sobre isolamento, seleção e desenvolvimento comercial de bactérias promotoras do crescimento ou PGPR (solubilizadoras de P e outros nutrientes, efeito antibiótico, etc.) podem contribuir substancialmente para melhorar o rendimento e a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

O ataque de pragas e de doenças é capaz de reduzir drasticamente a produção e a qualidade da forragem e pode, assim, ser considerado um dos fatores responsáveis pela degradação da cultura de alfafa. Pulgões, lagartas e besouros podem causar sérios danos econômicos à cultura, sendo os afídeos a principal praga no Brasil (Evangelista & Bueno, 1999). Já em relação às doenças, as mais importantes são a antracnose, a mancha das folhas, a ferrugem e o mosaico da alfafa. Em outras áreas, doenças, como a fitofora e a podridão da coroa e da raiz, e pragas, como tripes, são também importantes. Mais recentemente na Argentina, o complexo viral do nanismo (plantas com menor desenvolvimento) da alfafa causa perdas significativas de produtividade e de persistência. É necessário aprofundar as pesquisas sobre epidemiologia, formas de transmissão, medidas de controle, identificação de fontes de resistência e obtenção de variedades resistentes (Trucco et al., 2018).

A dificuldade de encontrar semente de alfafa no mercado brasileiro, aliada ao alto custo de sua importação, exige o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições tropicais. A mesma situação é aplicável a outras regiões da América Latina. Há décadas, a “Crioula” é a única variedade cultivada no Brasil, com boa adaptabilidade e boa estabilidade no Centro-Sul (Ferreira et al., 2004).

A produção de sementes de alfafa de variedades adaptadas em quantidade e com qualidade (genética e cultural) constitui condição fundamental para a difusão do cultivo dessa forrageira em toda a América Latina (Basigalup,

2008). O desenvolvimento e a indicação de cultivares adaptadas, por meio de programas de melhoramento genético, não têm sentido se as sementes desses materiais não chegarem ao produtor em condições satisfatórias e a baixo custo. O desenvolvimento de tecnologias e a identificação de locais adaptados à produção de sementes de alfafa serão de fundamental importância para a expansão dessa forrageira e para a independência dos países em relação à importação de sementes, reduzindo, conseqüentemente, o custo de implantação da cultura. Estudos recentes feitos no Semiárido brasileiro demonstraram o potencial de se produzir sementes de alfafa (Vilela, 2019). Nesse sentido, mais pesquisas devem ser feitas, incluindo irrigação e colheita de sementes, bem como práticas de manejo – especialmente controle de pragas e de plantas daninhas –, que devem ser adotadas em cada região produtora. Também é essencial estudar o uso de polinizadores eficientes e, em alguns casos, contemplar a domesticação e o uso comercial de espécies polinizadoras nativas.

De maneira geral, os principais critérios de seleção para obtenção de cultivares de alfafa na América Latina continuarão sendo o rendimento de forragem, a persistência do estande e a resistência múltipla a pragas e doenças. Mas, a incorporação de novas abordagens tecnológicas que reúnem conceitos de melhoramento genético, genômica e fisiologia, entre outros, como o uso de marcadores moleculares e a transgenia, permitirá detectar de forma mais eficiente os genótipos resistentes e que, combinados a outros caracteres, poderão gerar ganhos significativos no desenvolvimento de novas cultivares. São diversas as aplicações dos marcadores moleculares. Os marcadores codominantes, como os microsatélites, têm possibilitado o entendimento da diversidade genética tanto nas cultivares de alfafa, populações silvestres, quanto nos materiais preservados nos bancos de germoplasma. A diversidade intrapopulacional das cultivares é bastante elevada e levemente menor do que a das populações silvestres (Flajoulot et al., 2005; Qiang et al., 2015). Aparentemente, dado o curto período de melhoramento da espécie, a perda

da diversidade foi muito pequena. Isso indica que ainda há muito para ser explorado nas populações usadas para gerar novas variedades, como, por exemplo, na conformação de grupos de genótipos geneticamente muito distantes com o fim de propiciar o máximo de heterose e, ao mesmo tempo, preservar a diversidade inicial em caracteres complexos, como a produção de biomassa e qualidade forrageira.

Já as tecnologias de genotipagem de SNPs com alta cobertura genômica, como os chips de DNA (*microarrays*) e a genotipagem por sequenciamento (GBS) (Li et al., 2014a, 2014b) têm sido desenvolvidas e utilizadas em alfafa. Isso tem acelerado estudos mais aprofundados dos possíveis genes envolvidos em caracteres complexos: produtividade (Sakiroglu & Brummer, 2017), tolerância a estresses abióticos, como seca e solos salinos (Yu et al., 2016), qualidade forrageira (Biazzi et al., 2017) e resistência a doenças como murcha por *verticilium* (Yu et al., 2017). As novas ferramentas genômicas, como os *Genome-Wide Associations Studies* (GWAS), e as novas abordagens de melhoramento, como os *Genome Selection* (GS), aplicadas na cultura da alfafa, terão impacto importante na aceleração da geração de novas variedades (Annicchiarico et al., 2015). Esta última técnica tem mostrado ser muito efetiva em culturas que precisam de longos períodos de avaliação, reduzindo o processo de melhoramento em poucas gerações e, articulada aos métodos tradicionais, tem aumentado a precisão dos resultados.

O uso da engenharia genética (*alfafas GE*), seja por meio da transgenia, seja por silenciamento gênico, ampliará as possibilidades de contar com variedades melhoradas para caracteres de importância econômica. Os Estados Unidos já estão no mercado de alfafas RR (tolerantes a glifosato de amônio) e com menor teor de lignina, que provavelmente se incorporarão ao mercado argentino em futuro muito próximo. Mas a Argentina já desenvolveu uma variedade experimental transgênica tolerante ao herbicida glufosinato de amônio, fruto de parceria entre o Inta, o Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet) e a empresa Biotansgen (Basigalup et

al., 2018; MacCaslin, 2018; Soto, 2018). Em 2018, começaram os trabalhos para reunir a informação necessária para regulamentação e posterior uso comercial. Também é possível desenvolver por meio da engenharia genética alfafa resistente a pragas (com tecnologia *Bt* e outras), a enfermidades (esnakinas e outras) e a estresses abióticos (salinidade, seca e outros).

Uma vez aprovados os eventos transgênicos em cada país, deve-se trabalhar na geração de protocolos que permitam a coexistência de sistemas de produção de alfafa convencionais, orgânicas e GE, atentos às necessidades de diferentes mercados. Esses protocolos devem diminuir o máximo possível os riscos de contaminação com alfafas GE, tanto na produção de feno quanto de sementes. A geração de sistemas de rastreabilidade e de certificação dos distintos tipos de produtos será de suma importância para os mercados internos e de exportação.

Melhorar a qualidade da forragem da alfafa é um tema que também deve permear uma agenda de pesquisa e ser priorizada. As ações de melhoramento devem ser orientadas para ganhos de valor nutritivo, não só diminuindo a concentração de fibra, particularmente a lignina, mas também aumentando o teor de carboidratos não estruturais e melhorando a relação entre proteína degradável e não degradável no rúmen (proteína sobrepassante). A produção de alfafa com alta expressão multifoliada pode constituir opção interessante para aumentar a qualidade da forragem (Sakiroglu & Brummer, 2017). Nesse sentido, o Inta está desenvolvendo uma variedade com mais de 78% de expressão do carácter que demonstra conter significativamente mais proteína e melhor relação folha/caule do que a testemunha (Odorizzi et al., 2018).

Cultivares de alfafa com baixo potencial para causar timpanismo nos animais têm sido pesquisadas em vários países (Basigalup & Rossanigo, 2007), mas devem permanecer na agenda de prioridades das instituições pela pouca evolução nesse sentido. A obtenção de cultivares de alfafa que expressem taninos condensados na forragem permitiria não apenas controlar o timpanismo, mas também aumentar a proporção de proteína

sobrepassante. A alfafa com menor teor de lignina, seja por meio de melhoramento tradicional (alfafa HiGest), seja por engenharia genética (alfafa HarvXtra), já é comercializada nos EUA e poderá, em breve, ser difundida para países latino-americanos. O menor teor de lignina não somente aumenta a digestibilidade das plantas, mesmo em estágio avançado de floração, mas também diminui a produção de metano pelos animais em pastejo, com consequente mitigação das emissões de gases de efeito estufa (Sakiroglu & Brummer, 2017). Isso é particularmente interessante para países como Brasil, Argentina e Uruguai, de expressivo efetivo bovino.

Para inserir a alfafa nos sistemas de produção a pasto, para carne ou leite, deve-se levar em consideração o custo de produção, que nos trópicos é inversamente proporcional à participação do pasto na dieta dos animais (Vilela & Resende, 2001; Resende et al., 2005). Nos países onde o preço do leite ao produtor é normalmente mais baixo, como no Brasil, a inserção da alfafa nos sistemas reduz o custo de produção como consequência da menor necessidade de alimentos concentrados para suplementação da dieta, que são normalmente os que mais oneram (Rodrigues et al., 2008; Tupy et al., 2015, 2016).

Já na Argentina, houve avanços significativos no desenvolvimento de tecnologias para aumentar a produção de feno de alfafa em escala comercial (rolos e megafardos). Contudo, quando se leva em consideração a demanda crescente do produto e as transformações no mercado mundial, há potencial para melhorar a qualidade e garantir a estabilidade da produção. Nesse cenário, o processo de fenação da alfafa na Argentina tem evoluído consideravelmente de acordo com as possibilidades de exportação e pelas mudanças ocorridas na produção de leite e de carne, tendo em vista que o sistema pastoril (ainda importante, mas muito dinâmico) tem cedido espaço a sistemas de produção em confinamento, em que há maior demanda por forragens conservadas – feno de alfafa e silagem de milho ou sorgo (Basigalup, 2018; Basigalup et al., 2018).

Em toda a América Latina, é recomendável produzir maior quantidade de feno da alfafa de alta qualidade, não somente para consumo interno, mas também para a exportação nos âmbitos regional e mundial. O mercado mundial de feno de alfafa em 2019 (principalmente megafardos recompactados) chegou a 5,2 milhões de toneladas, com expectativa de crescimento (ITC, 2020). A demanda de países árabes (Arábia Saudita e Emirados Árabes Unidos, principalmente) e asiáticos (China, Japão e Coreia do Sul) será crescente pela necessidade de produzir alimentos, bem como pelas restrições quanto à disponibilidade de terras e água. Os habituais fornecedores de feno de alfafa – Estados Unidos, Austrália, Espanha e, em menor escala, Itália – estão praticamente no limite de suas possibilidades de exportação. Nesse contexto, países latino-americanos poderão se posicionar como produtores de feno desde que, além de aumentarem a produção, se preocupem com a qualidade (Basigalup, 2016; Basigalup & Urretz Zavalía, 2019). Para isso, é importante o desenvolvimento de novas máquinas de fenação, além da melhoria no processamento e no armazenamento de feno (Basigalup, 2018).

A adoção de um sistema de tipificação de qualidade para uso comum e compatível com o mercado mundial deve ser trabalhada de forma conjunta em toda a região, bem como a promoção da solução de problemas logísticos e a definição de políticas tarifárias que favoreçam o intercâmbio regional. Não menos importante é garantir a estabilidade da produção de alta qualidade, superando as variações que derivam da fenação somente em campo, em que as chuvas podem ocasionar danos significativos. Seria muito importante desenvolver novas técnicas de desidratação e gerar tecnologias industriais de secagem artificial, bem como para geração de outros derivados industriais, como cubos, pellets e farinados.

No futuro, será igualmente importante realizar estudos que permitam quantificar os serviços ambientais procedentes do cultivo da alfafa, não só na fixação de nitrogênio e no balanço de carbono e água, mas também como abrigo para

a fauna nativa e como fonte de pólen e néctar para muitas espécies de insetos.

Quanto à agroindústria, futuros painéis de especialistas devem ser incentivados para avaliar as prioridades de pesquisa, desenvolvimento e inovações que usam a alfafa como matéria-prima. Qualidade e segurança do alimento, análise de riscos químicos e biológicos, desenvolvimento de kits para diagnóstico rápido de resíduos químicos e biológicos nos produtos; certificação e rastreabilidade; agregação de valor; análise da influência de políticas públicas sobre a competitividade das cadeias produtivas; percepção do consumidor; e análises da bioeficiência socioeconômica da cultura não devem ficar de fora de uma agenda de pesquisa, desenvolvimento e inovação, independentemente do país a que se destina o estudo.

Quanto à pesquisa com brotos de alfafa na alimentação humana no Brasil, ela ainda é escassa, apesar de haver um mercado promissor com enorme potencial de crescimento para produção e comercialização. Conhecer a participação de agroindústrias de produtos minimamente processados seria relevante, bem como elaborar uma cartilha com indicação das melhores variedades que possibilitem produzir em larga escala, garantindo qualidade e segurança ao produto. Quanto ao negócio “brotos de alfafa”, seria oportuno levantar os custos de produção e processamento e a distância máxima aceitável entre os polos produtores e consumidores, dada a delicadeza do produto, e avaliar a vida de prateleira e processos para aumentar o tempo entre a colheita/processamento e o consumo. Quanto ao comércio, avaliar a escala ideal para produção e comercialização, estabelecer os nichos de mercado, levantar a aceitabilidade sensorial dos consumidores, divulgar ao consumidor as qualidades nutricionais, benefícios à saúde e utilidades dos brotos na alimentação. Por fim, seria prioritário avaliar maneiras eficientes de divulgação do broto de alfafa, tanto para o produtor (estimular a produção) quanto para o consumidor final (estimular o consumo).

A agenda com as prioridades de pesquisa para os países do Cone Sul da América Latina

deveria surgir da discussão interativa de todos os países da região. Sugere-se, como primeiro passo, a organização de uma agenda para países não tropicais, com características de solo e clima semelhantes, que ficaria a cargo de especialistas do Inta, na Argentina. Já os demais países que se assemelham às condições tropicais brasileiras ficariam a cargo de especialistas da Embrapa ou de universidades relacionadas à área de ciências agrárias.

O futuro da alfafa na América Latina

Os avanços nos sistemas agroindustriais e de produção animal, com reflexos na agregação de valor aos produtos das cadeias produtivas de origem animal e vegetal, demandarão cada vez mais inovações tecnológicas sofisticadas e intensivas, passando a ser decisivos para a incorporação de modelos inovadores de gestão ao longo das cadeias produtivas e causarão impactos sensíveis sobre os processos de comercialização e de relacionamento com os consumidores finais de seus produtos. Grande parte da agregação de valor aos produtos de origem animal e vegetal no futuro virá de inovações derivadas dessas possibilidades.

Existem relativamente muito poucos trabalhos de pesquisa com alfafa em condições tropicais, tanto para aplicação na agroindústria quanto na alimentação humana. Na alimentação animal, as pesquisas são relativamente inovadoras e escassas no Brasil, destacando-se as primeiras avaliações com produção de leite a pasto conduzido pela Embrapa na década de 1990 (Vilela & Resende, 2001). Já na Argentina, onde se utiliza a alfafa tradicionalmente há várias décadas, predominam a forma de corte para confeccionar feno e o pastejo, seguido ou não por rotação de cultura com o milho. Satter (1996) concluiu que o sistema alfafa-milho deve ser considerado vantajoso por se tratar da rotação de cultura entre uma leguminosa e uma gramínea com o benefício de incorporar o nitrogênio residual deixado pela alfafa na cultura subsequente. Assim, conhecer as respostas ao uso da alfafa em pastejo sobre a produção de leite por

animal e, principalmente, por área – nas diversas modalidades em que a alfafa em pastejo pode ser utilizada na dieta –, é importante para viabilizar o uso dessa tecnologia, pois há escassez de dados dessa natureza em muitos países tropicais.

As potenciais linhas de pesquisa com as diferentes formas de uso da alfafa, tanto para as indústrias farmacêutica e de cosmético, quanto para a alimentação humana, devem ser temas para estudos futuros, principalmente para atender a finalidades específicas, como os denominados medicamentos inteligentes, bem como a avaliação de sua bioeficiência, quando se requer gestão de qualidade do produto, a avaliação do ambiente de produção ou mesmo se ele é ecologicamente sustentável. É importante que o diagnóstico para avaliar risco de resíduo e contaminante para o consumidor final seja efetivo, rápido e, preferencialmente, de baixo custo. É

ainda importante estabelecer mecanismos de rastreabilidade e certificação, sendo a continuidade das pesquisas necessariamente norteadas pela percepção do consumidor.

A Figura 1 mostra o organograma conceitual resumido do que se idealiza de uma plataforma que estrutura uma rede virtual que poderá nortear as futuras pesquisas com alfafa na América Latina, que poderá ser coordenada pela Embrapa, no Brasil, e pelo Inta, na Argentina. A sua denominação a título de exemplificação poderá ser “Rede de Pesquisa e Inovação com Alfafa para a América Latina (Repi-Alfafa)”.

A rede será alicerçada em quatro eixos estruturais: 1) Produção Eficiente, conectado aos aspectos agronômicos da cultura; 2) Aplicação na Pecuária, com as diferentes formas de utilização; 3) Qualidade e Inocuidade aplicadas à alimenta-



Figura 1. Matriz estruturada em quatro eixos – Produção eficiente; Novos produtos; Qualidade e inocuidade; Aplicação na pecuária – com lacunas a serem incentivadas com propostas de futuras pesquisas em rede com alfafa.

ção humana; e 4) Novos Produtos, envolvendo as indústrias farmacêutica e cosmética. Todos visam agregar valor pelas inovações tecnológicas e gerenciais a serem aplicadas e, principalmente, evitar duplicidade de pesquisa regional.

Referências

AGROLAC. **A agricultura na América Latina e no Caribe (ALC)**. [2017]. Disponível em: <<http://agrolac2025.org/wp-content/uploads/Folha-informativa1.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2020.

ANDRADE, R.G.; BOLFE, É.L.; VICTORIA, D. de C.; NOGUEIRA, S.F. Recuperação de pastagens no Cerrado. **Agroanalysis**, v.36, p.30-32, 2016.

ANNICCHIARICO, P.; NAZZICARI, N.; LI, X.; WEI, Y.; PECETTI, L.; BRUMMER, E.C. Accuracy of genomic selection for alfalfa biomass yield in different reference populations. **BMC Genomics**, v.16, art.1020, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12864-015-2212-y>.

BARBANTI JR., O. América Latina e a expansão do sistema agroalimentar corporativo. **Carta Capital**, 14 out. 2016. Disponível em: <<https://www.cartacapital.com.br/blogs/blog-do-grri/america-latina-e-a-expansao-do-sistema-agroalimentar-corporativo>>. Acesso em: 21 mar. 2020.

BASIGALUP, D. Producción de heno de alfalfa en Argentina. In: BRAGACHINI, M.; CATTANI, P.; GIORDANO, J.M.; PEIRETTI, J.; SÁNCHEZ, F.; URRETS ZAVALÍA, G. (Ed.). **Manual técnico de forrajes conservados**: tecnologías para producir alimentos de alta calidad y aspectos relacionados a la eficiencia del uso de la maquinaria y el manejo nutricional. Manfredi: INTA, 2018. p.53-55.

BASIGALUP, D.; GILETTA, M.; ODORIZZI, A.; AROLFO, V.; SÁNCHEZ, F.; URRETS ZAVALÍA, G. An overview of alfalfa (*Medicago sativa* L.) situation in Argentina. In: WORLD ALFALFA CONGRESS, 2., Córdoba, 2018. **Global interaction for alfalfa innovation**: proceedings. Córdoba: INTA, 2018. p.25-29. Edited by Daniel Basigalup, María del Carmen Spada, Ariel Odorizzi and Valeria Arolfo. Disponível em: <<http://www.worldalfalfacongress.org>>. Acesso em: 16 mar. 2020.

BASIGALUP, D.; ROSSANIGO, R. Panorama actual de la alfalfa en la Argentina. In: BASIGALUP, D.H. (Ed.). **El cultivo de la alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: INTA, 2007. p.15-25.

BASIGALUP, D.H. Produção de sementes de alfafa. In: FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J.B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A.R. de; CAMARGO, A.C. de; MENDONÇA, F.C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p.227-257.

BASIGALUP, D.H. Producción de alfalfa en Argentina. In: JORNADA NACIONAL DE FORRAJES CONSERVADOS, 7., 2016, Buenos Aires. [Resúmenes]. Buenos Aires: INTA, 2016. p.83-85. (Colección divulgación).

BASIGALUP, D.H.; URRETS ZAVALÍA, G. Heno de alfalfa para exportación y para el mercado interno: ¿qué tenemos que hacer? In: JORNADA NACIONAL DE FORRAJES CONSERVADOS, 10., 2019, Córdoba. [Proceedings]. Córdoba: INTA, 2019. p.13-17.

BIAZZI, E.; NAZZICARI, N.; PECETTI, L.; BRUMMER, E.C.; PALMONARI, A.; TAVA, A.; ANNICCHIARICO, P. Genome-wide association mapping and genomic selection for alfalfa (*Medicago sativa*) forage quality traits. **PLoS ONE**, v.12, e169234, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169234>.

DÍAZ ZORITA, M.; GAMBAUDO, S. Fertilización y encalado en alfalfa. In: BASIGALUP, D.H. (Ed.). **El cultivo de la alfalfa en la Argentina**. Buenos Aires: INTA, 2007. Cap.11, p.227-246.

EVANGELISTA, A.V.; BUENO, V.H.P. Pragas da cultura. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 16., 1999, Piracicaba. **Alfafa**: anais. Piracicaba: FEALQ, 1999. p.175-198.

FERREIRA, R. de P.; BOTREL, M. de A.; RUGGIERI, A.C.; PEREIRA, A.V.; COELHO, A.D.F.; LÉDO, F.J. da S.; CRUZ, C.D. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfalfa em relação a diferentes épocas de corte. **Ciência Rural**, v.34, p.265-269, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000100041>.

FLAJOULOT, S.; RONFORT, J.; BAUDOUIN, P.; BARRE, P.; HUYGUET, T.; HUYGHE, C.; JULIER, B. Genetic diversity among alfalfa (*Medicago sativa*) cultivars coming from a breeding program, using SSR markers. **Theoretical and Applied Genetics**, v.111, p.1420-1429, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-005-0074-4>.

FONTES, P.C.R.; MARTINS, C.E.; COSER, A.C.; VILELA, D. Produção e níveis de nutrientes em alfafa (*Medicago sativa*, L.) no primeiro ano de cultivo, na Zona da Mata de MG. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, p.205-211, 1993.

HONDA, C.S.; HONDA, A.M. **Cultura da alfafa**. 2.ed. Cambará: IARA Artes Gráficas, 1999. p.45-46.

ITC. **International Trade Centre**. 2020. Disponível em: <<https://www.trademap.org/>>. Acesso em: 17 ago. 2020.

ITRIA, C.D. El cultivo de alfalfa en la República Argentina. In: BARIGGI, C.; MARBLE, V.L.; ITRIA, C.D.; BRUN, J.M. (Ed.). **Investigación, tecnología y producción de alfalfa**. Buenos Aires: INTA, 1986. Tomo22, cap.1, p.7-23. (Colección Científica INTA).

LI, X.; HAN, Y.; WEI, Y.; ACHARYA, A.; FARMER, A.D.; HO, J.; MONTEROS, M.J.; BRUMMER, E.C. Development of an alfalfa SNP array and its use to evaluate patterns of

population structure and linkage disequilibrium. **PLoS ONE**, v.9, e84329, 2014a. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084329>.

LI, X.; WEI, Y.; ACHARYA, A.; JIANG, Q.; KANG, J.; BRUMMER, E.C. A saturated genetic linkage map of autotetraploid alfafa (*Medicago sativa* L.) developed using genotyping-by-sequencing is highly syntenous with the *Medicago truncatula* genome. **G3: Genes, Genomes, Genetics**, v.4, p.1971-1979, 2014b. DOI: <https://doi.org/10.1534/g3.114.012245>.

MCCASLIN, M.H. Use of GE traits for improvement of forage quality in alfafa. In: WORLD ALFALFA CONGRESS, 2., Córdoba, 2018. **Global interaction for alfafa innovation: proceedings**. Córdoba: INTA, 2018. p.125-128. Edited by Daniel Basigalup, María del Carmen Spada, Ariel Odorizzi and Valeria Arolfo. Disponível em: <<http://www.worldalfalfacegress.org>>. Acesso em: 16 mar. 2020.

ODORIZZI, A.S.; AROLFO, V.; BASIGALUP, D.H. A very non-dormant alfafa (*Medicago sativa* L.) with high multifoliolate expression. In: WORLD ALFALFA CONGRESS, 2., 2018, Córdoba. **Global interaction for alfafa innovation: proceedings**. Córdoba: INTA, 2018. p.120-124. Edited by Daniel Basigalup, María del Carmen Spada, Ariel Odorizzi and Valeria Arolfo. Disponível em: <<http://www.worldalfalfacegress.org>>. Acesso em: 16 mar. 2020.

ONU diz que população mundial chegará a 8,6 bilhões de pessoas em 2030. 2017. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2017-06/onu-diz-que-populacao-mundial-chegara-86-bilhoes-de-pessoas-em-2030>>. Acesso em: 13 mar. 2020.

POPULAÇÃO da América Latina pode aumentar 25% até 2061. 2015. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/mundo/cepal-preve-que-populacao-da-america-latina-e-do-caribe-crescera-25-ate-2061/>>. Acesso em: 13 mar. 2020.

QIANG, H.; CHEN, Z.; ZHANG, Z.; WANG, X.; GAO, H.; WANG, Z. Molecular diversity and population structure of a worldwide collection of cultivated tetraploid alfafa (*Medicago sativa* subsp. *sativa* L.) germplasm as revealed by microsatellite markers. **PLoS ONE**, v.10, e0124592. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124592>.

RABOBANK. **Annual report 2016 Rabobank**. 2017. [Amsterdam]. 399p. Disponível em: <<https://www.rabobank.com/en/images/annual-report-2016.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2020.

RESENDE, J.C.; STOCK, L.A.; VILELA, D. Potencial econômico da produção de leite em pastagens de *Cynodon*. In: VILELA, D.; RESENDE, J.C. de; LIMA, J. (Ed.). **Cynodon: forrageiras que estão revolucionando a**

pecuária brasileira. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005. p.226-251.

RODRIGUES, A. de A.; COMERÓN, E.A.; VILELA, D. Utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras. In: FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J.B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A.R. de; CAMARGO, A.C. de; MENDONÇA, F.C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p.345-378.

SAKIROGLU, M.; BRUMMER, E.C. Identification of loci controlling forage yield and nutritive value in diploid alfafa using GBS-GWAS. **Theoretical and Applied Genetics**, v.130, p.261-268, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-016-2782-3>.

SATTER, L. Enhancing profitability and reducing environmental impact. In: INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES, 1996, Madison. **Proceedings**. Madison: U. S. Dairy Forage Research Center, 1996. p.93-101.

SOTO, G.C. Transgenic alfafa tolerant to herbicides, from lab to field. In: WORLD ALFALFA CONGRESS, 2., Córdoba, 2018. **Global interaction for alfafa innovation: proceedings**. Córdoba: INTA, 2018. p.102-105. Edited by Daniel Basigalup, María del Carmen Spada, Ariel Odorizzi and Valeria Arolfo. Disponível em: <<http://www.worldalfalfacegress.org>>. Acesso em: 16 mar. 2020.

TRUCCO, V.M.; BEJERMAN, N.; DE BREUIL, S.; CABRERA MEDEROS, D.; LENARDON, S.; GIOLITTI, F. Alfafa dwarf disease, a viral complex affecting alfafa crop in Argentina. In: WORLD ALFALFA CONGRESS, 2., Córdoba, 2018. **Global interaction for alfafa innovation: proceedings**. Córdoba: INTA, 2018. p.84-87. Edited by Daniel Basigalup, María del Carmen Spada, Ariel Odorizzi and Valeria Arolfo. Disponível em: <<http://www.worldalfalfacegress.org>>. Acesso em: 16 mar. 2020.

TUPY, O.; FERREIRA, R. de P.; VILELA, D.; ALVES, E.R. de A. Economic impact of the use of alfafa in dairy cows. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 53., 2016, Gramado. **Anais**. Gramado: SBZ, 2016. Disponível em: <<http://www.sbz2016.eventos.dype.com.br/simposio/anaiscomplementares>>. Acesso em: 27 fev. 2020.

TUPY, O.; FERREIRA, R. de P.; VILELA, D.; ESTEVES, S. N.; KUWAHARA, F.A.; ALVES, E. Viabilidade econômica e financeira do pastejo em alfafa em sistemas de produção de leite. **Revista de Política Agrícola**, ano24, p.102-116, 2015.

VILELA, D. **Alfafa: potencial de produção de sementes no semiárido brasileiro**. 2019. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/alfafa-potencial-de-producao-de-sementes-no-semiarido-brasileiro-217451/>>. Acesso em: 21 mar. 2020.

VILELA, D.; FERREIRA, R. de P.; RODRIGUES, A. de A.; RASSINI, J.B.; TUPY, O. Prioridades de pesquisa e futuro da alfafa no Brasil. In: FERREIRA, R. de P.; RASSINI, J.B.; RODRIGUES, A. de A.; FREITAS, A.R. de; CAMARGO, A.C. de; MENDONÇA, F.C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. p.441-455.

VILELA, D.; RESENDE, J.C. de. Custo de produção de leite segundo o sistema de produção a pasto ou confinado. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais**. Maringá: Ed. da UEM, 2001. p.218-241. Editores Clóves Cabreira Jobim, Ulysses Cecato, Júlio César Damasceno e Geraldo Tadeu dos Santos.

YU, L.-X.; LIU, X.; BOGE, W.; LIU, X.-P. Genome-Wide Association study identifies loci for salt tolerance during germination in autotetraploid alfalfa (*Medicago sativa* L.) using genotyping-by-sequencing. **Frontiers in Plant Science**, v.7, art.956, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00956>.

YU, L.-X.; ZHENG, P.; BHAMIDIMARRI, S.; LIU, X.-P.; MAIN, D. The impact of genotyping-by-sequencing pipelines on SNP discovery and identification of markers associated with verticillium wilt resistance in autotetraploid alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Frontiers in Plant Science**, v.8, art.89, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00089>.