

CENÁRIO ATUAL DOS NOVOS MÉTODOS DE FENOTIPAGEM DE PLANTAS E URGÊNCIA NAS AÇÕES DE IMERSÃO DO BRASIL NA ERA DA BIOECONOMIA.

P. S. P. Herrmann^{1,*}, S. Crestana¹, W. Q. Ribeiro Junior², C. A. F. de Sousa³, T. T Santos⁴, A. C. Lanna⁵

¹ Embrapa Instrumentação, Rua XV de novembro, 1452, CEP 13560-741, São Carlos, SP

² Embrapa Cerrados, Rodovia BR 020 Km18, CEP 73310-970, Brasília – DF

³ Embrapa Meio-Norte, Avenida Duque de Caxias, n 5650, CEP 64008-780, Teresina, Piauí

⁴ Embrapa Informática Agropecuária, Avenida Andre Tosello 209, Campus da Unicamp, CEP 13083-886, Campinas, SP

⁵ Embrapa Arroz e Feijão, Rodovia GO-462 Km 12, CEP: 75375-000, Santo Antônio de Goiás, Goiás

* Autor correspondente, e-mail: paulo.herrmann@embrapa.br

Resumo: O presente trabalho apresenta um panorama da situação atual dos novos métodos de fenotipagem de plantas no Brasil e no mundo, a partir de 2008 até 2019. Ressalta-se que o crescimento dessa área ocorreu tanto no desenvolvimento de infraestrutura por instituições de ciência e tecnologia quanto na geração do conhecimento. A ciência de plantas e ciências agrárias está no centro dos principais desafios para as sociedades globais. O melhoramento de plantas não tem mantido o ritmo do aumento de produtividade, assim sendo esforços urgentes se fazem necessários para impulsionar o setor. A Embrapa, como instituição de pesquisa na agricultura tropical, vem apresentando várias ações estratégicas nessa direção, mas um novo salto deve ser dado, com a criação de uma política de Estado, que possibilite o estabelecimento de infraestrutura adequada para o treinamento de RH altamente qualificado e a logística para um País de dimensões continentais. A multidisciplinaridade advinda de expertises em planta, geociência, ciência da computação, da agricultura de precisão, e digital e instrumentação são condições *sine qua non* para essa nova abordagem.

Palavras-chave: novos métodos de fenotipagem de plantas, bioeconomia, melhoramento de plantas, política de estado, meio-ambiente.

CURRENT SCENARIO OF NEW PLANT PHENOTYPING AND URGENCY METHODS IN BRAZIL'S IMMERSION ACTIONS IN THE BIOECONOMY AGE.

Abstract: This paper presents an overview of the current situation of the new plant phenotyping methods from 2008 to 2019. It is noteworthy that exponential growth occurs both in the establishment of infrastructure by institutions (ICTs) in several countries, already in 2008 there were 06 (ICTs) and in 2019 the 38 new research and development institutions and 06 from the private sector, as well as the creation of national and international networks, as for the generation of knowledge, in this period, there is the h factor of 81 (publication / citation). Plant science and agricultural sciences are at the center of the main challenges of global societies (environment and genotype interaction). Plant breeding did not keep up with the productivity increase; therefore, urgent efforts are needed to reduce this factor. Embrapa, as a leading institution in tropical agriculture, has been presenting several strategic actions in this direction, but a new leap must be taken, with the creation of a state policy that allows the establishment of adequate infrastructure, as well as for the highly trainee qualified human resources training and logistic. Plant multidisciplinary, geoscience, computer science, precision agriculture, and expertise in digital and instrumentation is a prerequisite for this new approach.

Keywords: new methods of plant phenotyping, bioeconomy, plant breeding, state policy, environment.

1. Introdução

Garantir a segurança alimentar para nove bilhões de pessoas a partir de 2050 exigirá mudanças substanciais na sociedade, especialmente no modo de produzir alimentos. O aumento populacional e o aumento da demanda por produtos biogerados e biocombustíveis exigirão um aumento de 50 a 100% de produção nas principais culturas alimentares e não alimentares. Este é um desafio enorme, considerando o impacto esperado das mudanças climáticas e a crescente escassez de recursos agrícolas (ROY et al., 2017).

Um estudo de 2015 sobre a inserção da bioeconomia na Europa concluiu que as indústrias baseadas na biologia geram 17 milhões de empregos, ou seja, 8,5% da força de trabalho da região, que rende mais de € 2 trilhões (US\$ 2,2 trilhões) anualmente. As indústrias dos EUA que produzem produtos de base biológica geram cerca de 4 milhões de empregos e movimentam US\$ 370 bilhões. A bioeconomia da Índia ultrapassou US\$ 4 bilhões em 2013. Somente a indústria brasileira de cana-de-açúcar representou 2% de seu produto interno bruto e 4,5 milhões de empregos em 2012 (EL-CHICHAKLI, et al., 2016).

O Brasil detém 25% da biodiversidade mundial, sendo uma fonte potencial para a bioeconomia, com a geração de novos materiais genéticos recombinantes, podendo atender à demanda crescente da sociedade por novos produtos na agricultura, na medicina, na indústria e na produção de energia. Segundo um estudo da Keygene, empresa localizada em Wageningen, Holanda, o mercado global de sementes movimentou algo em torno de US\$ 37,5 bilhões em 2012 (VAN TUNEN, 2016). Em 2018 esse valor subiu para algo em torno de US\$ 85,2 bilhões. A América Latina deverá ocupar o segundo lugar na taxa de crescimento anual desse mercado (Seeds Market, 2013). Nesse levantamento a Keygene demonstrou que o intervalo de tempo entre o início da pesquisa e o lançamento de uma cultivar, que no melhoramento clássico leva em torno de 10 anos, pode ser reduzido para 5,5 anos pelo uso de técnicas avançadas de genotipagem e fenotipagem (VAN TUNEN, 2016). O objetivo deste trabalho é proporcionar uma visão panorâmica da fenotipagem de plantas em todo o mundo e como as ferramentas disponíveis podem ser usadas pelo Brasil para alavancar a ciência de plantas, os programas de melhoramento genético e biotecnologia das principais culturas agrícolas.

2. Materiais e Métodos

A Embrapa visualizando a potencialidade de P, D & I nos novos métodos aplicados à fenotipagem de plantas (NMFP) criou o Labex Europa, posto avançado Alemanha, iniciando as atividades em outubro de 2012 até outubro de 2015. Realizou-se inicialmente um levantamento para a identificação de instalações dedicadas à fenotipagens de plantas no Brasil e em diversos países ao redor do mundo. Esses dados foram posteriormente checados por visitas in loco na Alemanha, França, Inglaterra, Holanda, Índia, Austrália, Argentina, Chile e também, por meio dos relatórios gerados pelas próprias instituições, bem como documentos da “International Plant Phenotyping Network (IPPN)”. O foco foi principalmente a evolução no número e na diversidade de “facilities”, além de instituições e países envolvidos com os novos métodos de fenotipagem de plantas. Realizou-se, também, uma extensa pesquisa nas bases de dados nacionais e internacionais para o levantamento de publicações que tenham como palavra-chave “plant phenotyping”.

3. Resultados e Discussão

3.1. Cenário Internacional e Científico da Fenotipagem de Plantas de Alto Desempenho.

Na figura 1 (A) e (B) é apresentada a evolução referente a relação do número de institutos de ciência e tecnologia, bem como a formação de redes nacionais e internacionais de pesquisas com os novos métodos de fenotipagem de plantas (NMFP). A Austrália foi pioneira nos NMFPs, inaugurando em 2007 “Australian Plant Phenomics Facility (APPF)”. A partir daí, vários trabalhos vêm sendo realizados. O exemplo de maior sucesso foi o trigo geneticamente modificado, o qual apresentou ganhos de rendimento entre 20 a 30% (BRADIOTTI, 2019).

De acordo com a Rede Internacional de Fenotipagem de Plantas (IPPN), em 2019 o número

de sócios era de 32 instituições da academia, 06 empresas da Indústria e 06 “clusters” de diversos países (PIERUSCHKA, 2019). A Embrapa se associou ao IPPN em 2018. Em 2013, a Alemanha inaugurou a Rede Alemã de Fenotipagem de Plantas (DPPN), com recursos da ordem de 35 milhões de Euros. A França e o Reino Unido também fizeram o mesmo, isto é, criaram as suas próprias redes. A comunidade Européia, por intermédio da sua agência denominada “European Strategy Forum for Research Infrastructures (ESFRI)”, listou em seu “roadmap” de 2016 o papel estratégico da fenotipagem de plantas na Europa, assegurando para os próximos 20 anos recursos da ordem de 77 milhões de euro (WOMERSLEY, 2016). Em 2016, os Estados Unidos criaram a sua rede de fenotipagem de plantas (NAPPN), juntamente com México e Canadá, que criou o “Plant Phenotyping and Imaging Research Centre (PIRC)”, com investimento da ordem de US\$ 28,5 milhões. Somente nos Estados Unidos, atualmente, a rede possui 15 “facilities”, em 10 universidades, sendo que 03 delas estão instalados sistemas de grande porte e no “Agricultural Research Service (USDA/ARS)” junto ao “U.S. Vegetable Laboratory”. A China já está investindo desde novembro de 2017 em torno de US\$ 15 milhões na organização e na estruturação da sua rede nacional de fenotípica de plantas. A Índia adquiriu em 2013 um sistema a laser de médio – grande porte para realizar a reconstrução de imagem 3D de plantas no campo. Nesse ano, de 2019, foi instalada, naquele país, para experimentos de laboratório, uma plataforma de alto desempenho de fenotipagem de plantas totalmente automatizada para análise 600 plantas, por intermédio de vários sensores.

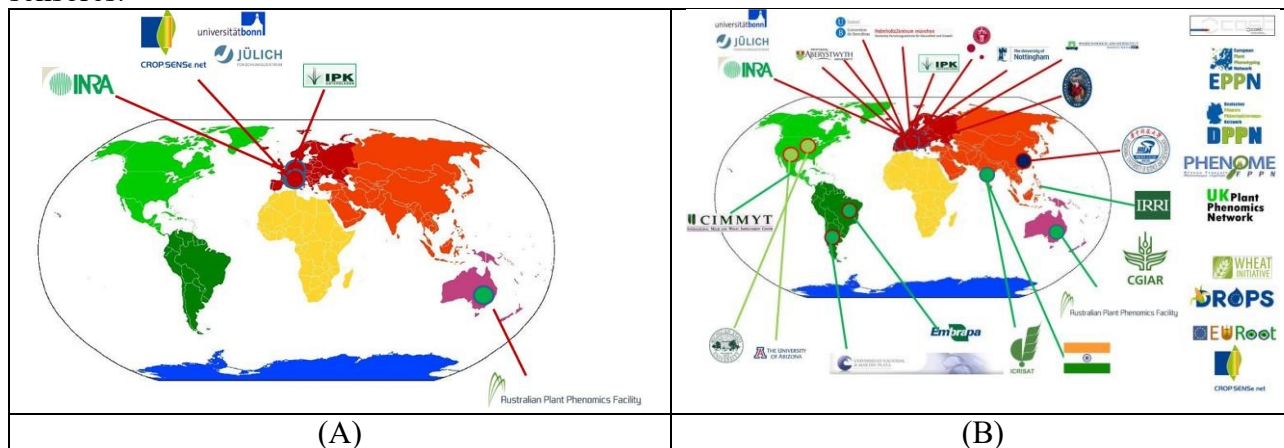


Figura 1. Mapa global da evolução e distribuição das redes nacionais e internacionais de fenotipagem de plantas por países e instituições em 2008 (A) e 2015 (B) (PIERUSCHKA, 2019)

Em 2019, observam-se ações concretas que foram realizadas em Países, como a África do Sul e Taiwan que já adquiriram sistemas de alto desempenho de fenotipagem de plantas no campo. Algumas ações pontuais relacionadas a fenotipagem de plantas de alto desempenho, no nível de laboratório, estão ocorrendo na Coreia do Sul, no “Convergence Research Center for Smart Farm Solution”. O Iran em maio de 2018 realizou uma oficina com especialistas ligados ao IPPN para discutir a aplicação de fenotipagem de alto desempenho naquele País.

O desenvolvimento das plataformas e das novas técnicas e métodos de genotipagem cresceram muito rápidos. Da mesma forma observa-se que os custos da fenotipagem por planta vêm caindo sensivelmente à medida que novos sistemas estão sendo instalados em vários países. Cálculos recentes mostraram que a aplicação dos novos métodos de fenotipagem de alto desempenho custava em torno de US\$ 5.300,00 e em 2015 girava em torno de US\$ 590,00 a US\$ 1.200,00 por planta. Por intermédio de modelos matemáticos, dos avanços em instrumentação e mecatrônica que esse custo pode cair abaixo de US\$ 120,00/planta em 2019. Para se ter uma ideia da importância disso, basta observar que em 2005 havia uma única plataforma de fenotipagem de plantas instalada no mundo. Em 2015, saltou para 31 sistemas instalados e 13 em processo de instalação. (SCWARTZ, 2016).

Do ponto de vista técnico-científico, verifica-se que o número de publicações, dos últimos

26 anos (1991 até 2017), cresceu exponencialmente, saindo de 01 publicação em 1991 alcançando, em 2017, 337 publicações. A figura 2 apresenta graficamente essa evolução temporal, tanto do número de publicações como de citações. Em termos de citações, tem-se que no ano de 1996 ocorreram apenas 02 citações, enquanto em 2017 chegou acumuladamente à marca de 6896 citações, o que confere um fator-h da ordem de 81.

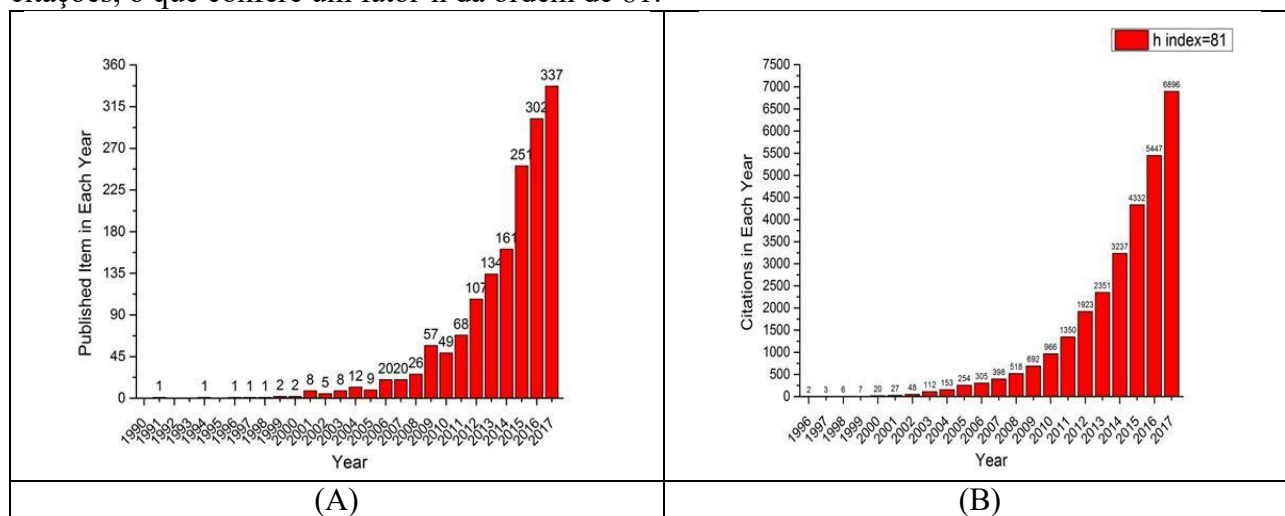


Figura 2. Gráfico com o resultado da busca de número de (A) publicações e (B) citações, no tempo, da palavra-chave “Plant Phenotyping” em tópicos. A ferramenta utilizada para a busca foi o “Web of Science” da Thomas Reuters.

Algumas ações já realizadas desde 2004 pela Embrapa e parceiros são: - Participação no programa do CIMMYT, México, denominado “Drought Phenotyping Network (Generation Challenge Program), 2004 - 2008; - Estabelecimento da plataforma SITIS de fenotipagem da Embrapa Arroz e Feijão; - Entre Outubro de 2012 a Outubro de 2015 a Embrapa criou o Labex Europa, posto avançado Alemanha, com o tema em novos métodos de Fenotipagem de Plantas; - Agropensa (“Think Tank” da Embrapa): Apresentou no documento “O Futuro de Desenvolvimento Tecnológico da Agricultura Brasileira – Visão 2014 – 2034”, onde privilegiou o tema em novos métodos de fenotipagem de plantas; - Programa de Pos-Graduação e Cientista Visitante da Embrapa em 2014. Foram dois pesquisadores (CPAC e UnB) ao Forschungszentrum Jülich, Jülich, na Alemanha; - “Workshop Phenotyping for the Future” Embrapa Sede, Brasília-DF, 17/09/2013; - “Embrapa Plant Phenotyping Workshop (Past, Present and Future)”, Embrapa Sede, Brasília-DF, 02 a 04/09/2014; - Foi criada em dezembro de 2014 o grupo de pesquisa do CNPq “Rede Brasileira de Fenotipagem de Plantas”, (<http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/7628749066451461>); - Aprovação do Arranjo “Métodos e técnicas modernas visando a fenotipagem de plantas para o avanço da agricultura” (FPAGro)”, em Junho de 2017; - Realização da “II Latin-American Conference on Plant Phenotyping and Phenomics for Plant Breeding” 20 a 23 de Setembro de 2017, na Embrapa Instrumentação - Em 2018, houve a transformação do arranjo em portfólio “Métodos e Técnicas Modernas, visando a Fenotipagem de Plantas para o Avanço da Agricultura (FPAGro)”- Membro associado da “International Plant Phenotyping Network (IPPN)”, com sede na Alemanha. - O tema foi contemplado no capítulo "Tecnologia e Inovação no Agro", do livro “Agro e Paz – Análises e propostas para o Brasil alimentar o mundo”, 2018 (RODRIGUES, 2018); - Em fevereiro de 2019, o FPAGro se associou ao recém-criado CGPort Automação, Agricultura de Precisão e Digital.

4. Conclusões

A área de fenotipagem de plantas tem crescido aceleradamente em todo o mundo, haja vista a quantidade de “facilities” instaladas em vários países ao redor do mundo em curto espaço de tempo e, também, a quantidades de redes nacionais de fenotipagem de plantas, as quais estão associadas à rede internacional. Assim sendo a interação entre pesquisadores e profissionais no uso

de plantas, geociências, ciência da computação e instrumentação, física e a engenharia eletrônica é fundamental.

Devido às condições continentais do País, a diversidade de seus biomas, a pujança da agricultura, o enfoque na sustentabilidade ambiental, a política nacional de bioeconomia, à complexidade inerente aos NMFPS, os problemas e as oportunidades abordados nessa temática façam que se estabeleçam condições adequadas para que os atores envolvidos na área, tanto da pesquisa pública e privada brasileira, invistam na formação de recursos humanos e recursos financeiros para infraestrutura, e desta forma possam manter o País no caminho do avanço científico e tecnológico, em particular em relação aos parceiros europeus, australianos, norte-americanos, chineses, indianos, de um lado, e com as principais empresas de sementes, por outro. Para isso devem-se estabelecer ações de imersão urgente do Brasil, na utilização dos NMFPS, em prol da geração do conhecimento dos “traits” das diversas culturas de importância agrícola, os quais sofrem influência dos fatores bióticos e abióticos do meio-ambiente em complexa mutação, em particular a zona tropical do planeta. Os resultados adquiridos possibilitaram o estabelecimento da aquisição e a formação de um banco de dados, e desta forma criar as condições adequadas para uso do “big-data” e o seu gerenciamento, da inteligência artificial aplicada a fenômica e genômica, do aprendizado de máquina, levando em conta as especificidades e influência dos diversos biomas do País, objetivando condições para o aumento do conhecimento e da produtividade da agricultura, em um curto período de tempo, juntamente com as ferramentas da genotipagem. Assim sendo uma bioeconomia pujante, advindo do agronegócio e com sustentabilidade, é o almejado.

Uma abordagem estratégica viabilizará a elaboração de estudos técnicos, de simulações, bem como as análises de impacto horizontal e vertical. A sua elaboração resultará em metas de curto, médio e longo prazo, contemplando ações regionais e nacionais, estabelecendo orçamentos para um longo período.

Devemos responder operacionalmente as perguntas que já estão sendo feitas e não estacionarmos somente no levantamento de cenários.

Agradecimentos

Projeto "Agricultura de Precisão (AP) para sustentabilidade do sistema produtivo agrícola, pecuário e florestal brasileiro", atividade número 01.14.09.001.04.04.004 e Portfólio Automação e Agricultura de Precisão e Digital.

Referências

- BRAIDOTTI, G. 'Over expression' of three wheat genes linked to yield gains. Fonte: Groundcover (GRDC) de 1/07/2019: <https://groundcover.grdc.com.au/story/6244809/new-genetic-pathways-to-increase-wheat-yield/?cs=13984>. (Acessado em 17 de Setembro de 2019)
- EL-CHICHAKLI, B., VON BRAUN, J., LANG, C., BARBEN, D., & PHILIP, J.. Five cornerstones of a global bioeconomy. *Nature*, v. 535, n. 7611, p. 221-223, 14 de July de 2016.
- FIORANI, F.; SCHURR, U. Future Scenarios for Plant Phenotyping, *Annual Review of Plant Biology*, v. 64, n. 1, p. 267-291, 2013;
- HERRMANN, P. S. P.; SCHURR, U. In: Humboldt Kolleg 2013 / SCIENCES & TECHNOLOGY IN CONTEMPORARY LIFE: IMPACTS AND HORIZONS, Campos do Jordão-SP. XII Brazilian MRS Meeting, 2013. P. 43-44.
- LI, H.;RASHEED, A.; HICKEY, L. T.; HE, Z.. . Fast-Forwarding Genetic Gain, *Trends in Plant Science*, v. 23, N. 3, pp. 184-186, March 2018
- PIERUSCHKA, R. *Participating Organisations*. Fonte: IPPN 2017: https://www.plant-phenotyping.org/IPPN_Participating_Organisations (acessado em 10 de 09 de 2019).
- RODRIGUES, R. *AGRO E PAZ. ANÁLISES E PROPOSTAS PARA O BRASIL ALIMENTAR O MUNDO*. Piracicaba, SP, Brasil: Universidade de São Paulo – ESALQ, 2018, 416 p..
- ROY, F.; TARDIEU, F.; TIXIER-BOICHARD, M.; SCHURR, U.. European infrastructures for sustainable agriculture, *Nature Plants*, v.3, p. 756–758, 2017

- SCWARTZ, S. (04 de 01 de 2016). *How far are we from the 100\$ Phenome?*, disponível em Phenospex 2016: <https://phenospex.com/blog/how-far-are-we-from-the-100-phenome/> (Acessado em 10 de 09 de 2019).
- Seeds Market by type (Oilseed, Grain, Fruit & Vegetable, Turf, Forage, & Other Seeds), Seed Trait (Herbicide Tolerant, Insecticide Resistant, & Other Stacked Traits), <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/seeds-market-376.html>. (Acessado em 14 de Outubro de 2016).
- VAN TUNEN, A. J.. Revisiting Plant & Seed Improvements in the Digital Phenotyping Era. IN: Pheno days 2013 <http://www.phenodays.com/archive.html> (Arquivo capturado em 13/08/2014);
- VASCONCELOS, Y. (10 de fevereiro de 2018). *Lavoura mais produtiva*. Acesso em 10 de 09 de 2019, disponível em Pesquisa Fapesp: <https://revistapesquisa.fapesp.br/2018/02/15/lavoura-mais-produtiva-2/>
- WOMERSLEY, J. (2016). *European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI): Strategy Report on Research Infrastructures*. Brussels: European Commission.