



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E
TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA INOVAÇÃO

ALESSANDRA DO VALLE ABRAHÃO SOARES

***Roadmap* de tecnologias limpas: perspectivas no licenciamento
ambiental de condomínios horizontais no Distrito Federal**

BRASÍLIA – DF

2022

ALESSANDRA DO VALLE ABRAHÃO SOARES

Roadmap de tecnologias limpas: perspectivas no licenciamento ambiental de condomínios horizontais no Distrito Federal

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Programa de Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (PROFNIT) do ponto focal Universidade de Brasília, em rede com o Fórum Nacional de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia (FORTEC), como requisito para obtenção do Título de Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação.

Orientadora: Profa. Dra. Grace Ferreira Ghesti

Coorientadora: Profa. Dra. Juliana Petrocchi Rodrigues

Brasília – DF

2022

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Soares, Alessandra do Valle Abrahão
SS676r *Roadmap* de tecnologias limpas: perspectivas no licenciamento ambiental de condomínios horizontais no Distrito Federal. / Alessandra do Valle Abrahão Soares; orientador Grace Ferreira Ghesti; coorientador Juliana Petrocchi Rodrigues. -- Brasília, 2022.
137 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado - Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação) -- Universidade de Brasília, 2022.

1. *Roadmap* de tecnologias limpas. 2. Licenciamento ambiental. 3. Condomínios horizontais. 4. Distrito Federal. I. Ghesti, Grace Ferreira, orient. II. Rodrigues, Juliana Petrocchi, coorient. III. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: ALESSANDRA DO VALLE ABRAHÃO SOARES

Título: *ROADMAP* DE TECNOLOGIAS LIMPAS: PERSPECTIVAS NO LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE CONDOMÍNIOS HORIZONTAIS NO DISTRITO FEDERAL

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Programa de Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (PROFNIT) do ponto focal Universidade de Brasília, em rede com o Fórum Nacional de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia (FORTEC), como requisito para obtenção do Título de Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação.

Aprovado em: ___ / ___ / ___

Banca Examinadora

Orientadora: **Profa. Dra. Grace Ferreira Ghesti**

Instituição: Universidade de Brasília

Assinatura: _____

Prof. Dr. Márcio Campos Inomata

Instituição: PROFNIT / UFOB

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Profa. Dra. **Patrícia Regina Sobral Braga**

Instituição: UnB

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Dra. **Munique Gonçalves Guimarães**

Membro externo (Mercado)

Julgamento: _____

Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Ao amor da minha e meu companheiro de todos os momentos, Fernando, seu carinho e apoio foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos meus filhos, Rafael, Rodrigo e Pedro, seres especiais que me fortalecem e me enchem de amor e alegrias.

Aos meus pais, Enio e Mara, que me ensinaram, desde cedo, a ter determinação e resiliência, essenciais essa empreitada.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e pela oportunidade de realizar mais este sonho.

À orientadora e amiga, Profa. Dra. Grace Guesti, por ter aceitado o desafio desta orientação e pela competência e respeito com que conduziu este processo, da sinapse da ideia até seu encerramento.

Ao colega Alisson Santos Neves, Superintendente de Licenciamento do Instituto Brasília Ambiental, pelas valiosas contribuições no levantamento de informações sobre o licenciamento ambiental de parcelamentos de solo no Distrito Federal.

À Professora Dra. Sônia Marise Salles Carvalho, por ter me convidado para participar deste curso de mestrado e pelas valiosas contribuições nas disciplinas de Empreendedorismo, Metodologia e Seminário de Projeto.

Ao Programa e aos meus colegas de turma que criaram um ambiente estimulante para o aprendizado à despeito de todas as dificuldades que enfrentamos com a Pandemia da Covid19.

RESUMO

A urbanização de um ambiente natural provoca diversos danos ambientais. Compete ao licenciamento ambiental considerar os aspectos do território impactado e incentivar o uso de tecnologias para minimizar os efeitos adversos. Esta pesquisa objetivou elaborar um *roadmap* de tecnologias limpas relacionadas à implantação e/ou operação de condomínios horizontais no Distrito Federal, que podem ser fomentadas no âmbito do licenciamento ambiental, dado o desafio de tornar tais empreendimentos ambientalmente menos impactantes e mais sustentáveis. A pesquisa envolveu 4 fases: i) pré-prospectiva, com um estudo exploratório e levantamento do referencial teórico; ii) prospecção tecnológica, com a busca de tecnologias em estudo bibliométrico (642 artigos) e patentometria (155 patentes); iii) organização e análise dos dados (consolidação de 13 tipos de tecnologias aplicáveis em condomínios horizontais); e iv) elaboração do *roadmap* com três categorias - energia, água e resíduos. O aproveitamento da energia solar e o controle da carga térmica são exemplos de diretrizes observadas nas tecnologias encontradas, tais como os materiais de mudança de fase e janelas de alta eficiência. Várias tecnologias vêm surgindo para melhorar a segurança hídrica, com a redução do consumo de água e a diminuição de águas residuais. Destaca-se o papel revolucionário que as impressoras 3D devem desempenhar no futuro da indústria da construção, imprimindo componentes e estruturas que reduzirão resíduos, custos e tempo. Essas e outras tecnologias limpas do *roadmap* mostram alguns caminhos para transformar a indústria da construção, sobretudo no segmento residencial, com vistas à sustentabilidade, redução do impacto ambiental e entrega de mais qualidade de vida às pessoas. Assim, este *roadmap* de tecnologias limpas para condomínios horizontais poderá servir como um instrumento orientador na definição de condicionantes e/ou compensações no âmbito dos licenciamentos ambientais de parcelamentos de solo no Distrito Federal, contribuindo para a mitigação e/ou redução dos impactos ambientais provocados pela ocupação do território e uso de recursos naturais nesses empreendimentos.

Palavras-chaves: *roadmap*; tecnologias limpas; licenciamento ambiental; condomínios horizontais.

ABSTRACT

The urbanization of a natural environment causes various environmental damages. It is up to the environmental licensing to consider the aspects of the impacted territory and encourage the use of technologies to minimize adverse effects. This research aimed to develop a roadmap of clean technologies related to the implementation and/or operation of horizontal condominiums in the Federal District, which can be encouraged in the scope of environmental licensing, given the challenge of making such projects environmentally less impactful and more sustainable. The research involved 4 phases: i) pre-prospective, with an exploratory study and survey of the theoretical framework; ii) technology prospection, with the search for technologies in bibliometric study (642 articles) and patentometry (155 patents); iii) organization and analysis of data (consolidation of 13 types of technologies applicable in horizontal condominiums); and iv) elaboration of the roadmap with three categories - energy, water and waste. Solar energy use and thermal load control are examples of guidelines observed in the technologies found, such as phase change materials and high efficiency windows. Several technologies have been emerging to improve water safety, with the reduction of water consumption and the reduction of wastewater. Highlighted is the revolutionary role that 3D printers are expected to play in the future of the construction industry, printing components and structures that will reduce waste, costs and time. These and other clean technologies in the roadmap show some ways to transform the construction industry, especially in the residential segment, aiming for sustainability, reducing environmental impact and delivering more quality of life to people. Thus, this roadmap of clean technologies for horizontal condominiums can serve as a guiding tool in the definition of conditions and/or compensations in the scope of environmental licensing of land parcels in the Federal District, contributing to the mitigation and/or reduction of environmental impacts caused by land occupation and use of natural resources in these enterprises.

Keywords: roadmap; clean technologies; environmental licensing; horizontal condominiums.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Roteiro esquemático de <i>roadmap</i> em várias camadas	19
Figura 2. Caracterização de <i>roadmaps</i> : propósito e formato.....	21
Figura 3. Exemplos de <i>roadmaps</i> conforme o propósito (finalidade)	22
Figura 4. Exemplos de <i>roadmaps</i> em diferentes formatos	24
Figura 5. Modelo de <i>framework</i> para orientar a elaboração de <i>roadmap</i>	29
Figura 6. Metodologia para elaboração de <i>roadmaps</i> tecnológicos	30
Figura 7. Roadmap de tecnologias limpas em condomínios horizontais.....	43
Figura 8. Seção transversal típica de um telhado verde.	54
Figura 9. Fachada da BIQ House com algas bioadaptativas para produção de energia sustentável.	55
Figura 10. Seções típicas de pavimento permeável: (a) pavimento totalmente permeável, onde a água pode se infiltrar no subleito; (b) pavimento semipermeável, com alguma infiltração de água para o subleito, sendo a maior parte armazenada na estrutura do pavimento; (c) pavimento permeável sem infiltração de água no subleito, mas armazenado nas estruturas do pavimento.....	57
Figura 11. (a) Tecnologia Contour Crafting; (b) Detalhe da impressora 3D	67
Figura 12. Cabine Urbana criada em 3D para habitações temporárias.....	67
Figura 13. Casas impressas em 3D pela empresa WinSun	68
Figura 14. Casa impressa em 3D pela empresa HuaShang Tengda	68
Figura 15. (a) Vista lateral do Escritório do Futuro em Dubai; (b) Vista frontal.....	68
Figura 16. (a) Vista frontal da Apis Cor House na Rússia; (b) Processo de construção dos contornos da Apis Cor House.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Categorias de tecnologias limpas do WIPO GREEN	15
Tabela 2. Boas práticas na elaboração de <i>roadmaps</i>	31
Tabela 3. Fases do projeto de pesquisa	36
Tabela 4. Busca de artigos para identificação de tecnologias para o Roadmap	39
Tabela 5. Seleção de artigos por categoria e área tecnológica para o Roadmap	39
Tabela 6. Busca de patentes para identificação de tecnologias para o <i>Roadmap</i>	40
Tabela 7. Distribuição dos TRLs na dimensão 'tempo'	41
Tabela 8. Tecnologias limpas selecionadas para o roadmap	43
Tabela 9. Estratégias de reutilização de águas cinzas em alguns países	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	4
3 REFERENCIAL TEÓRICO	5
3.1 MEIO AMBIENTE E O LICENCIAMENTO AMBIENTAL	5
3.2 TECNOLOGIAS LIMPAS	10
3.3 ROADMAP TECNOLÓGICO	17
3.4 NÍVEIS DE PRONTIDÃO TECNOLÓGICA (TECHNOLOGY READINESS LEVEL – TRL)	32
4 METODOLOGIA.....	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1 PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DO ROADMAP	39
5.2 DIMENSÃO ‘TEMPO’ DO ROADMAP	41
5.3 ABORDAGENS DAS TECNOLOGIAS DO ROADMAP	42
5.4 ROADMAP DE TECNOLOGIAS LIMPAS EM CONDOMÍNIOS HORIZONTAIS.....	42
5.4.1 Categoria Energia	44
5.4.1.1 Materiais de mudança de fase	45
5.4.1.2 Coletores fotovoltaicos térmicos híbridos	48
5.4.1.3 Sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado	51
5.4.1.4 Janelas de alta eficiência	52
5.4.1.5 Chaminé solar	52
5.4.1.6 Fachadas e telhados verdes	53
5.4.1.7 Superfícies refletivas	54
5.4.1.8 Painéis fotobiorreatores de microalgas	55
5.4.2 Categoria Água	56
5.4.2.1 Pavimentos permeáveis	57
5.4.2.2 Tecnologias para tratamento e reuso de águas cinzas	59
5.4.2.3 Sistema de coleta de água da chuva	62
5.4.3 Categoria Resíduos.....	65

5.4.3.1 Manufatura aditiva (impressora 3D)	66
5.4.3.2 Construção em contêiner marítimo	74
6 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS	77
REFERÊNCIAS	82
APÊNDICE A – ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA CADERNOS DE PROSPECÇÃO	90
APÊNDICE B – ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA E-TECH: TECNOLOGIAS PARA COMPETITIVIDADE INDUSTRIAL	106
APÊNDICE C – ARTIGO PUBLICADO NA XXI MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO	121

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o mundo experimentou um extraordinário salto rumo ao desenvolvimento. Com o modelo capitalista, marcado pela propriedade privada, busca constante do lucro e acumulação de capital, os seres humanos dominaram os meios de produção e geraram muitas riquezas para financiar a Ciência e o desenvolvimento tecnológico. Entretanto, esse desenvolvimento ocorreu de forma desbalanceada, tendo o aspecto econômico excessivamente privilegiado e o enfoque socioambiental negligenciado.

O Panorama Ambiental Global 2019 (UN ENVIRONMENT, 2019) apresentou um estudo completo da situação atual dos sistemas de energia, alimentação e água do mundo. Em extensa revisão científica, o relatório mostrou que a condição geral do meio ambiente no planeta continua se deteriorando e que é fundamental buscar a redução da degradação do ar, da água, do solo e da biodiversidade.

Os cientistas alertaram que, caso nenhuma medida seja adotada pelos países, em 2050, quando a população mundial deve atingir a marca de 10 bilhões de pessoas na Terra, não haverá recursos naturais suficientes para garantir comida, saúde, produtividade e realização para todos (UN ENVIRONMENT, 2019).

Nesse sentido, é preciso novas abordagens para direcionar as inovações tecnológicas e reverter as consequências negativas já experimentadas, como as mudanças climáticas, destruição dos biomas, espécies ameaçadas, poluição do ar e dos oceanos, entre outras. Ou seja, se o atual modelo de crescimento - alavancado pelos combustíveis fósseis e pela economia linear - não restaurar a necessária resiliência ecológica do planeta, veremos a própria extinção do sistema econômico vigente, pois sem ECOlogia não há ECONomia.

No Brasil, a proteção ambiental é um direito constitucional previsto no artigo 225, que assegura que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (BRASIL, 1988).

Para garantir esse direito, dentre os instrumentos previstos na Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei nº 6.938/1981, exige-se o

prévio licenciamento ambiental para “construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidoras ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental” (BRASIL, 1981).

Nesse sentido, o licenciamento ambiental é um importante mecanismo estatal de defesa do meio ambiente que visa, além de prever e controlar impactos causados por empreendimentos que apresentem algum risco de poluição ou degradação ambiental, propor medidas de mitigação e de compensação destes (FARIAS, 2013).

A Resolução CONAMA nº 237/1997 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), 1997) define a lista de empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental, incluindo nesse rol o parcelamento de solo para a construção de condomínios horizontais.

No âmbito do Distrito Federal, a ocupação territorial e urbana é um problema evidente, muito impactado pela implantação de loteamentos e condomínios irregulares (NETO, 2017). Corroborando a criticidade dessa questão, atualmente, o parcelamento de solo é “a atividade potencialmente poluidora que mais desafia a gestão ambiental no Distrito Federal” (AGÊNCIA BRASÍLIA, 2021).

Além de medidas coercitivas, como licenciamento e fiscalização ambiental, a Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981) também determina, entre seus princípios, que existam “incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais” (BRASIL, 1981). Nessa perspectiva, diversos setores têm investido em tecnologias e produtos mais limpos.

Na infraestrutura urbana e habitação, por exemplo, abrem-se oportunidades para o desenvolvimento de inovações relacionadas a energias renováveis, segurança hídrica, saneamento ambiental, construções sustentáveis, mobilidade, entre outras iniciativas que visam melhorar a qualidade de vida dos cidadãos e reduzir o impacto ambiental dos aglomerados urbanos.

Para melhor compreender o estado da arte das tecnologias envolvidas nesse setor, e apontar quais são as que detém maior potencial de implementação no futuro, é preciso um estudo de prospecção tecnológica (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

Vários instrumentos de planejamento têm sido usados para conhecer e propor estratégias em novas tecnologias, como o *roadmap* tecnológico (WILLYARD;

MCLEES, 1987, PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004 *apud* COUTINHO; BOMTEMPO, 2011). Essa ferramenta visual, no formato de mapa, ajuda a conectar tecnologias, produtos e mercados em relação ao tempo, auxiliando na identificação, avaliação e seleção de alternativas tecnológicas que podem ser usadas para responder aos problemas do presente e do futuro (YASUNAGA; WATANABE; KORENAGA, 2009; PHAAL; MULLER, 2009 *apud* BORSCHIVER; SILVA, 2016; COUTINHO; BOMTEMPO, 2011).

Assim, o presente estudo visou elaborar um *roadmap* de tecnologias limpas aplicáveis em condomínios horizontais, com vistas a mitigar e/ou reduzir os impactos ambientais provocados pela ocupação do território e uso de recursos naturais. Este *roadmap* poderá servir como instrumento orientador para identificação de tendências tecnológicas e novas tecnologias que poderão ser fomentadas pelo Poder Público, em condicionantes e/ou compensações, no âmbito dos licenciamentos ambientais de parcelamentos de solo realizados no Distrito Federal.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa foi elaborar um *roadmap* de tecnologias limpas relacionadas à implantação e/ou operação de condomínios horizontais, que podem ser fomentadas no âmbito do licenciamento ambiental no Distrito Federal, com vistas a mitigar e/ou reduzir impactos ambientais provocados pela ocupação do território e uso de recursos naturais nesses empreendimentos.

Foram objetivos específicos deste trabalho:

- i) identificar o estado da arte envolvendo o desenvolvimento de tecnologias limpas aplicáveis no planejamento, construção e manutenção de condomínios horizontais; e
- ii) criar uma visão prospectiva acerca dessas tecnologias encadeadas em um horizonte temporal de curto, médio e longo prazo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 MEIO AMBIENTE E O LICENCIAMENTO AMBIENTAL

O princípio fundamental do desenvolvimento sustentável está na garantia das condições de vida das atuais às futuras gerações. Em poucas palavras, deixar o planeta saudável para quem vem depois. O conceito foi proposto pela primeira vez em 1987 no Relatório Brundtland, elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas (ONU), definindo como o desenvolvimento que atende às necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades (TARTARUGA; SPEROTTO; GRIEBELER, 2019).

O desenvolvimento sustentável parte do reconhecimento da forma predatória na qual a humanidade vem se utilizando dos recursos naturais e dos ecossistemas, cujos reflexos repercutem em problemas de ordem ambiental, econômica e social.

Reconhecendo a importância do meio ambiente para a garantia da qualidade de vida e desenvolvimento do País, o artigo 225 da Constituição Federal de 1988 dispõe que é direito de todos o meio ambiente ecologicamente equilibrado, sendo este “um bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida”, e incube a todos, Estado e cidadãos, “o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

Para garantir a efetividade deste direito, a Constituição impôs ao Poder Público, entre outras atribuições previstas no § 1º do art. 225, a obrigação de exigir, na forma da lei, estudo prévio de impacto ambiental para a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente (BRASIL, 1988). Portanto, decorre deste dispositivo constitucional a exigência de licenciamento ambiental para empreendimentos e/ou atividades efetiva ou potencialmente poluidoras.

O licenciamento ambiental é um dos instrumentos previstos na Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei nº 6.938/1981, cujo objetivo é agir preventivamente sobre a proteção do bem comum do povo - o meio ambiente - e

compatibilizar sua preservação com o desenvolvimento econômico-social. Ambos direitos constitucionais e essenciais à sociedade.

A Lei nº 6.938/1981 dispõe que a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental está condicionada ao prévio licenciamento ambiental, que é de competência exclusiva dos órgãos integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) (BRASIL, 1981).

A PNMA delegou ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão consultivo e deliberativo do SISNAMA, a legitimidade para propor normas e padrões para implantação, acompanhamento e fiscalização do licenciamento ambiental. O CONAMA é um colegiado formado por três setores - órgãos públicos (federais, estaduais e municipais), setor empresarial e entidades ambientalistas - que tem a missão de assessorar, analisar e propor diretrizes para a adoção de políticas públicas relacionadas à exploração e preservação do meio ambiente e dos recursos naturais.

A Resolução CONAMA nº 237/1997, que dispõe sobre as diretrizes e procedimentos para o licenciamento ambiental, em seu art. 1º, I, conceitua licenciamento ambiental como o:

procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), 1997).

Em linhas gerais, o licenciamento ambiental é tido como uma sucessão itinerária e encadeada de procedimentos administrativos que visam analisar as condições de implantação de determinado empreendimento e julgar se suas práticas e condutas atendem aos requisitos legais, com vistas à emissão de uma licença ambiental (BRESSAN, 2014).

Assim, nos termos do art. 1º, II, da Resolução CONAMA nº 237/1997, licença ambiental é o:

ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar,

instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), 1997).

Portanto, qualquer atividade que contenha algum risco de poluição ou degradação ambiental deverá ser submetida ao procedimento administrativo visando a obtenção de licença ambiental, que demarcará as condições e parâmetros para sua instalação e funcionamento.

Considerando que a proteção do meio ambiente e o combate à poluição em qualquer de suas formas é uma competência comum atribuída a todos os entes federativos - União, estados, Distrito Federal e municípios, conforme disposto no art. 23, VI, da Constituição Federal (BRASIL, 1988), a Resolução CONAMA nº 237/1997 confere a responsabilidade do licenciamento ambiental à respectiva esfera administrativa do território onde se localiza o empreendimento (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), 1997).

No Distrito Federal (DF), compete ao Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - Brasília Ambiental, órgão executor das políticas públicas ambientais e de recursos hídricos, “o licenciamento de atividades, empreendimentos, produtos e processos considerados efetiva ou potencialmente poluidores, bem como daqueles capazes de causar degradação ambiental” (DISTRITO FEDERAL, 2007).

A Resolução CONAMA nº 237/1997, em seu art. 2º, dispõe que:

A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), 1997).

Importante ressaltar que o licenciamento ambiental é uma ação de controle estatal em atividade econômica privada que envolva a exploração e/ou risco ambiental, e tal medida acontece de forma prévia e concomitante em todas as etapas do empreendimento em questão, desde sua implantação ao pleno funcionamento.

Com efeito, o rito do licenciamento ambiental envolve desde a fase de planejamento do empreendimento, com a análise de sua localização e concepção, a fase de implantação, com a aprovação de planos, programas e projetos, até a fase de

operação, com a verificação do efetivo cumprimento dos requisitos e demais medidas de controle ambiental.

O art. 8º da Resolução CONAMA nº 237/1997 prevê a emissão de três tipos de licenças, que podem ser expedidas isolada ou sucessivamente, de acordo com a natureza, características e fase do empreendimento ou atividade, sendo:

- I - Licença Prévia (LP) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;
- II - Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante; e
- III - Licença de Operação (LO) - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), 1997).

O enquadramento de empreendimentos e atividades sujeitas ao licenciamento ambiental estão dispostas no Anexo 1 da Resolução CONAMA nº 237/1997. Esse rol é considerado exemplificativo já que cabe aos órgãos ambientais competentes, levando em consideração as especificidades, os riscos ambientais, o porte e outras características do empreendimento ou atividade, definir os critérios de exigibilidade e o detalhamento ou complementação desta lista (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), 1997 Art. 2º, §§ 1º e 2º).

Dentre as atividades listadas na Resolução CONAMA nº 237/1997, o parcelamento de solo é considerado pelo Instituto Brasília Ambiental como a atividade mais críticas no âmbito do licenciamento ambiental do Distrito Federal (AGÊNCIA BRASÍLIA, 2021). Esse destaque decorre, principalmente, por dois fatores presentes na região: forte demanda habitacional e setor industrial incipiente.

O Distrito Federal ainda está no estágio de expansão demográfica, com atração de pessoas vindas de outras regiões e com o amadurecimento da sua população (crianças e jovens transformando-se em adultos). Segundo dados da Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios (PDAD), realizada em 2018, a população total do Distrito Federal teve um aumento de 4,3% em relação à PDAD/2015, o que representou um acréscimo de 118,7 mil pessoas. Além disso, a base da pirâmide etária continua subindo e a maior parcela da população já se encontra na faixa etária

de 25 a 44 anos (COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL (CODEPLAN), 2018).

Com mais pessoas buscando por moradia, há um aquecimento do mercado imobiliário e uma pressão para a expansão urbana em novas áreas habitacionais. Assim, emerge o interesse na construção de condomínios horizontais, especialmente em regiões menos centrais, para atender tanto a população de alta renda como as classes sociais mais baixas.

Por outro lado, o Distrito Federal é uma região caracterizada pelo setor de serviço, com 95,3% da economia distrital. O setor industrial tem um peso bastante pequeno na atividade econômica brasiliense, respondendo por apenas 4,2% do PIB local, sendo que mais da metade dessa participação (2,2%) vem da construção civil (COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL (CODEPLAN), 2021). Assim, empreendimentos e/ou atividades industriais que requerem licenciamento ambiental são mais esporádicos por aqui.

Destarte, dentre as atividades passíveis de licenciamento no Distrito Federal, o parcelamento de solo representa o tipo de empreendimento com maior complexidade de análise e maior risco potencial ao meio ambiente em comparação com as demais atividades comumente licenciadas na região, como postos de combustíveis, avicultura, suinocultura e obras de infraestrutura pública. Segundo o Instituto Brasília Ambiental, o parcelamento de solo impactou, somente em 30 processos analisados entre 2017 e 2021, uma área estimada em 3.073,52 hectares na zona urbana do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal (PDOT). Por outro lado, nos últimos 2 anos (2019-2021), a atividade com maior demanda de licenciamento ambiental no DF, que são os postos de combustíveis, totalizou 327 pedidos de licenciamento. Porém, o impacto dessa atividade é substancialmente menor (menos de 0,46%), com uma área estimada em 14,02 hectares (NEVES, 2022).

Globalmente, a indústria da construção consome 40% da produção total de energia, 12-16% de toda a água disponível, 32% dos recursos não renováveis e renováveis, 25% de toda a madeira, 40% de todas as matérias-primas, produz 30-40% de todos os resíduos sólidos, e emite 35-40% de gás carbônico (CO²) (Green Building Council of Australia (GBCA), 2006; Son et al., 2011; Berardi, 2013 apud DARKO *et al.*, 2017; ZHANG, Yinqi *et al.*, 2019).

Batista, Junior e Picoli (2013), em pesquisa que avaliou 15 estudos de impacto ambiental de condomínios horizontais no Distrito Federal, destacam os principais impactos gerados nesse tipo de empreendimento: as alterações topográficas; o desenvolvimento de processos erosivos; o rebaixamento do lençol freático; a geração de diferentes tipos de resíduos; a retirada da vegetação nativa; o aumento da poluição do ar, sonora e da água; a fragmentação de habitat da fauna; a invasão e estabelecimento de espécies exóticas; o aterramento de nascentes; a perda de espécies; entre outras repercussões nocivas ao meio ambiente.

A atividade de parcelamento de solo gera impactos extremamente prejudiciais para a fauna e a flora da área de implantação e do entorno do empreendimento (ROEDEL; DIAS, 2018). Para Mota (2003 *apud* BATISTA; JUNIOR; PICOLI, 2013) o processo de urbanização de um ambiente natural, como os parcelamentos de solo para a construção de condomínios horizontais, implica frequentemente a remoção da cobertura vegetal nativa, provocando vários danos ambientais, tais como: modificações climáticas; impactos negativos à fauna e flora; compactação, impermeabilização, erosão e empobrecimento do solo; assoreamento dos recursos hídricos; redução da capacidade de absorção de águas pluviais; e inundações.

Nesta perspectiva, compete ao licenciamento ambiental adequar o processo de urbanização dos ambientes naturais, com vistas a mitigar os efeitos negativos decorrentes. Para tanto, além de considerar os aspectos ambientais do território impactado, o licenciamento de parcelamentos de solo para a construção de condomínios horizontais deve incentivar o uso de tecnologias que minimizem o dano ambiental, buscando conciliar os interesses socioeconômicos do empreendimento com a preservação ambiental.

3.2 TECNOLOGIAS LIMPAS

Sob a ótica da sustentabilidade, vista como ponto de partida para o atendimento às necessidades básicas das atuais e futuras gerações, surge um novo paradigma para o desenvolvimento tecnológico e a inovação. Popularizado em expressões como tecnologias limpas, economia verde, economia sustentável, tecnologias verdes, indústrias verdes, ecoindústrias, ecodesign ou ecoinovação, este

novo padrão tecnológico pretende se diferenciar do modelo vigente por oferecer respostas mais concretas às questões ambientais e à promoção da equidade social (AZEVEDO; FERREIRA; ZANINOTTI, 2016; BRETAS *et al.*, 2018; JABBOUR, 2010; TARTARUGA; SPEROTTO; GRIEBELER, 2019).

Tecnologias limpas podem ser entendidas como aquelas aplicadas aos processos e produtos industriais que visam minimizar impactos ambientais negativos, em três vertentes: consumo menor de matéria-prima, especialmente recursos naturais não renováveis; gestão eficiente dos resíduos finais; e menor uso de energia (VALLE, 1995; SCHENINI; NASCIMENTO, 2002; BARBIERI, 2004 *apud* AZEVEDO; FERREIRA; ZANINOTTI, 2016).

Para uma tecnologia ser considerada 'limpa', ou seja, ambientalmente sustentável, deve proteger o meio ambiente, usando os recursos de forma sustentável, poluindo menos e reciclando seus resíduos e produtos (UNITED NATIONS, 2019).

Para Clift (1995), o conceito de tecnologias limpas vai além de mudanças tecnológicas implementadas para a prevenção da poluição, minimização de resíduos ou produção mais limpa. Em outras palavras, as tecnologias limpas são vistas como uma forma essencial de alcançar a sustentabilidade, ou seja, que a vida humana possa se perpetuar na Terra indefinidamente. O autor aponta que o planeta é um sistema fechado e, como tal, todas as matérias-primas, produtos e resíduos presentes no ciclo produtivo gerado para atender as necessidades humanas, como a exploração de recursos naturais, agricultura e indústria, permanecem aqui. Assim, fontes de energias não renováveis e resíduos não reaproveitados, além de significar desperdício, comprometem a continuidade do sistema.

Segundo Melo e Cavalcanti (2011 *apud* AZEVEDO; FERREIRA; ZANINOTTI, 2016):

O processo de adequação tecnológica ao ambiente natural, que visa superar modos de produção e consumo insustentáveis, tem base nas ações de redução, reutilização, reciclagem e incineração de resíduos, assim como na implantação de monitoramento nos locais de disposição dos mesmos, desdobrando-se e consolidando-se como Redução na Fonte (Source Reduction), Redução de Resíduos (Waste Reduction), Tecnologia de Baixo Resíduo (Low-waste Technology), Design Orientado ao Meio Ambiente (Design for Environment), Desmaterialização (Dematerialization), Ecologia Industrial (Industrial Ecology), Ecoeficiência (Ecoefficiency) e Tecnologia Limpa (Clean Technology).

Nesse contexto, surgem inúmeras tecnologias que visam a geração de externalidades ambientais positivas, como novas fontes de energias renováveis (solar, eólica, biomassa), biotecnologias (biocombustíveis, transgênicos), mecanismos para redução da poluição (carros elétricos), reaproveitamento de resíduos (biofertilizantes, mineração urbana), entre outras inovações que melhoram a ecoeficiência, ou seja, tornam os processos produtivos mais resilientes no enfrentamento dos desafios ecológicos.

Considerando a instalação e operação de condomínios horizontais, alguns tipos de tecnologias podem ser especialmente interessantes para mitigar os aspectos ambientais mais impactados nesse tipo de empreendimento, como: uso e aproveitamento de recursos hídricos; gestão de resíduos sólidos; geração e consumo de energia; controle de emissões atmosféricas e sonoras; uso do solo, drenagem pluvial e manutenção da cobertura vegetal (PEDRAZZI, 2014).

O uso inadequado de recursos hídricos em condomínios horizontais inclui o lançamento de efluentes sem tratamento prévio, contaminação de águas superficiais e subterrâneas, e intervenção em cursos d'água e nascentes (PEDRAZZI, 2014). Para proteção e uso racional da água nos condomínios horizontais, pode-se implementar processos e/ou tecnologias que visem o monitoramento do consumo, identificação e correção de perdas e vazamentos, substituição de aparelhos consumidores de água menos eficientes, aproveitamento e reuso de água, monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, disposição de efluentes sanitários, entre outras.

Os resíduos sólidos são entendidos como todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água (BRASIL, 2010).

Para Pedrazzi (2014), “o gerenciamento de resíduos sólidos possui grande complexidade e se não for bem realizado pode gerar diversos impactos negativos, como a contaminação do solo e da água, a veiculação de doenças e elevados custos”. Dentre as tecnologias relacionadas à gestão de resíduos sólidos em condomínios horizontais, relacionam-se aquelas voltadas para recolhimento, armazenamento e destinação desses resíduos, considerando o potencial de reaproveitamento dos materiais e o tipo de gestão que deve ser implementada a cada tipo de resíduo

(exemplo: pilhas, lâmpadas, pneus, resíduos de construção e demolição, resíduos verdes, etc.).

A geração e consumo de energia é uma variável significativa no impacto ambiental causado pela implementação de condomínios horizontais, já que o empreendimento agrega uma quantidade enorme de residências e está entre os tipos de edificação que mais consomem energia elétrica (ZHU & PENG, 2012 *apud* PEDRAZZI, 2014). Por outro lado, à despeito da oportunidade de implementar sistemas de geração de energia solar e/ou eólica nos telhados das casas ou no alto dos edifícios, por exemplo, verifica-se que o setor residencial apresenta alta dependência da rede de fornecimento, com apenas 0,12% do consumo gerado na própria unidade consumidora (ABRAHÃO; SOUZA, 2021). Para complementar a disponibilidade energética com fontes alternativas renováveis e gerenciar adequadamente o consumo de energia, evitando desperdícios e melhorando a eficiência energética de suas atividades, os condomínios podem investir em novos sistemas de geração fotovoltaicos e/ou eólicos, sistemas de iluminação inteligente, e sistemas de monitoramento de consumo e perdas (ABRAHÃO; SOUZA, 2021).

A ar é um dos elementos fundamentais a vida e, portanto, deve ser preservado, evitando a degradação de sua qualidade. Considerada a segunda maior forma de poluição, atrás apenas da poluição do ar, a poluição sonora é capaz de gerar efeitos nocivos crônicos à saúde (DOMÊNICO, 2021). Tecnologias aplicadas para monitoramento e controle de emissões atmosféricas e sonoras são importantes instrumentos para reduzir essas poluições, e devem ser implementadas já no início das obras na construção do empreendimento.

Um dos efeitos mais sensíveis provocados pelo processo de urbanização é a impermeabilização do solo, que impede a infiltração da água, acentuando problemas de erosão, enchentes e inundações (BISPO; LEVINO, 2011). Para a construção de condomínios horizontais são necessárias movimentações de terra, provenientes de cortes e de aterros, causando uma série de impactos no meio físico e biótico, alterando as características do solo e da cobertura vegetal local (PEDRAZZI, 2014). Algumas tecnologias, como pavimentos permeáveis e semipermeáveis, reservatórios de retenção e retenção, mecanismos de infiltração (trincheira, vale, valeta, poço), telhado verde e faixas gramadas podem auxiliar a infiltração de água no solo, reduzindo o escoamento superficial que provoca erosões e assoreamentos de corpos d'água

(AGOSTINHO; POLETO, 2012). Além disso, a manutenção da vegetação nativas, ou mesmo a implantação de áreas verdes e arborizadas, podem contribuir para o restabelecimento das condições de equilíbrio das áreas que serão degradadas na implantação do empreendimento.

Se de um lado, algumas tecnologias são relevantes para mitigar efeitos indesejados no meio ambiente, por outro lado, é preciso haver interesse dos empreendedores para a sua implementação. Darko *et al.* (2017), em pesquisa realizada junto à 104 especialistas internacionais em edifícios verdes, identificaram cinco principais impulsionadores para implementação de tecnologias de construção verde: eficiência energética; impacto ambiental reduzido; eficiência hídrica; saúde, conforto e satisfação dos ocupantes; e imagem e reputação da empresa.

Como proprietário do banco de dados global de patentes PATENTSCOPE, WIPO lançou em 2010 uma poderosa ferramenta online: o IPC Inventário Verde (WIPO, [s. d.]), desenvolvido para facilitar a procura por informações de patentes relativas a tecnologias limpas listadas pela Convenção das Nações Unidas sobre Mudança Climáticas (*United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC*). Essa ferramenta foi projetada para pesquisar e recuperar documentos de patentes relacionados à tecnologia verde de todo o mundo, a fim de contribuir para a acessibilidade de informações de patentes sobre tecnologias verdes. Com alguns cliques simples, o IPC Inventário Verde pode dar acesso direto a informações mais recentes sobre patentes de tecnologias verdes em vários campos, incluindo produção de energia alternativa, conservação de energia, transporte, gestão de resíduos, agricultura e silvicultura.

Além do Inventário com as patentes verdes, a WIPO também oferecer um banco de dados, o WIPO GREEN (WIPO, [s. d.]), que reúne um catálogo de soluções e necessidades sustentáveis em todo o mundo, para visualização das tecnologias disponíveis para licença, colaboração, *joint venture* e venda. O sistema também contém necessidades definidas por empresas, instituições e organizações não governamentais que buscam tecnologias para abordar problemas ambientais ou de mudança climática específicos.

Nesta plataforma é possível consultar tecnologias em sete áreas distintas, conforme Tabela 1. Cada categoria é subdivida em subcategoria, que seguem apresentadas em ordem decrescente de patentes registradas na ferramenta.

Tabela 1. Categorias de tecnologias limpas do WIPO GREEN

CATEGORIA	SUBCATEGORIAS (quantidade de patentes)
<p>ENERGIA (51.161 patentes)</p> <p>Uma das áreas de tecnologia mais intensivas em inovação e também uma das mais diversas. A produção, o transporte e o armazenamento de energia têm um enorme impacto na mudança climática e, portanto, também um importante potencial de mitigação. A transição da economia verde requer grandes transformações tecnológicas e, com o ímpeto político atual, também está avançando rapidamente. Esta categoria contém as áreas de tecnologia relacionadas à energia mais importantes com muitas soluções potenciais.</p>	<p>Células de combustível (11844); Solar (9924); Armazenamento de energia (5989); Vento (4503); Biomassa / Bioenergia (4205); Engenharia elétrica (4051); Transmissão e distribuição de energia (3933); Geração de energia (Outros) (2644); Onda / maré / oceano (1659); Energia hidrelétrica (1530); Resíduos em energia (865); Recuperação de calor residual (644); Geotérmico (351); Eficiência energética (230); TIC em energia e gestão de energia (146); Térmico (82).</p>
<p>TRANSPORTE (23.030 patentes)</p> <p>Contribuindo com cerca de 16% das emissões de gases de efeito estufa relacionadas à energia, sendo o transporte rodoviário responsável por 3/4 disso, o setor de transporte está se transformando rapidamente. Isso tem impacto em todos os níveis, desde como usamos os meios de transporte, por exemplo, compartilhamento de veículos com base em TIC, até novos tipos de combustível e motores. Os avanços na eficiência energética já percorreram um longo caminho, mas agora mudanças mais fundamentais que podem depender cada vez mais de energias renováveis e com emissões mínimas de CO² estão começando a acontecer.</p>	<p>Veículos elétricos / híbridos (16031); Motores de combustão interna aprimorados (4002); Aeronáutica / Aviação (2318); Marítimo / hidroviário (499); Soluções de transporte baseadas em TIC (170); Ferrovias (79); Estrada (74).</p>
<p>POLUIÇÃO E RESÍDUOS (15.651 patentes)</p> <p>A poluição tem sido por muito tempo efeito do desenvolvimento industrial, com enormes impactos em todas as criaturas vivas, paisagens, solo, ar e água. Em muitas partes do mundo a situação têm melhorado à despeito da intensa liberação de gases do efeito estufa. Uma grande diversidade e muitas abordagens para combater a poluição e o desperdício estão disponíveis, e a inovação é intensa, como pode ser visto nesta categoria.</p>	<p>Reciclagem e reutilização (5076); Tratamento de águas residuais (3497); Ar (3367); Captura e armazenamento de carbono (3026); Detecção, medição, monitoramento e remoção de poluição (1083); Medindo e monitorando gases de efeito estufa (623); Coleta e transporte de resíduos (139); Eliminação de resíduos (138); Desperdício de alimentos (118); Biorremediação (55); Terra (38); Prevenção de resíduos (18); Tratamento de resíduos sólidos (13); Carvão mais limpo (11); TIC em poluição e gestão de resíduos (8).</p>

EDIFICAÇÕES E CONSTRUÇÃO (12.406

patentes)

As emissões de CO² do setor da construção foram as mais altas já registradas em 2019, e o impulso para descarbonizar o setor tem perdido impulso desde 2016. No entanto, os investimentos em tecnologias de eficiência energética, como armazenamento de energia térmica, janelas inteligentes eletrocromáticas e modelagem de energia de edifícios inteiros têm crescido. No nível político, iniciativas como o *European Green Deal* pressionam para que uma cadeia de valor circular seja integrada no setor da construção (WIPO, [s. d.]).

Aquecimento, resfriamento, ventilação, bombas de calor (4400);
Material de construção (3400);
Iluminação (2725);
Edifícios (788);
Isolamento térmico (590);
Eletrodomésticos (357);
Planejamento urbano (35);
TIC em edifícios e gestão urbana (10).

AGRICULTURA E SILVICULTURA (11.468

patentes)

Contribuindo com 17% das emissões mundiais de gases de efeito estufa, a agricultura é uma das principais áreas de ação para as mudanças climáticas. A inovação tecnológica na agricultura é diversa e está crescendo rapidamente com, por exemplo, desenvolvimentos em agricultura vertical, agricultura de precisão e irrigação inteligente - três áreas tecnológicas que visam aumentar a eficiência do uso de recursos. As florestas representam um reservatório natural de carbono e têm um papel importante na redução dos níveis de CO² na atmosfera. Esta seção abrange soluções tecnológicas e necessidades relacionadas ao uso da terra, conservação da flora e da fauna e muitas formas de práticas agrícolas (WIPO, [s. d.]).

Variedades de plantas e gado (2548);
Estufa e interior (2321);
Piscicultura (aquicultura) (1632);
Insumos agrícolas aprimorados (1626);
Tecnologias agrícolas (1402);
Pecuária (820);
Processamento de alimentos (575);
Irrigação (302);
Prevenção de perigos e sistemas de alerta precoce (261);
Floresta, biodiversidade e restauração/conservação de ecossistemas (166);
Cultivo tolerante ao estresse (158);
Colheita e armazenamento (122);
TIC na agricultura (46);
Produção florestal (silvicultura) (32);
GIS e observação da Terra (16);
Melhoria do solo (16);
Gestão do uso da terra (4).

PRODUTOS, MATERIAIS E PROCESSOS (9.639

patentes)

Permitir um fluxo constante de produtos e materiais sustenta o consumo e a economia e tem um longo histórico de grandes pegadas ambientais e de gases de efeito estufa. Muito pode e está sendo feito para produzir mais com menos ou para substituir materiais problemáticos por outros mais benignos do ponto de vista ambiental. Esta categoria inclui processos químicos, mineração e metais, bem como novos produtos biodegradáveis e moda e têxteis sustentáveis.

Processos químicos e industriais (5347);
Mineração e metais (2315);
Materiais aprimorados (646);
Materiais de embalagem e tecido (551);
Moda e têxteis sustentáveis (302);
Produtos biodegradáveis/
biocompatíveis (280);
Produtos que economizam água/ energia (236);
Produtos que evitam emissões tóxicas ou outras (123);
Produtos de base biológica (54).

ÁGUA (2.863 patentes)

Com cerca de 2 bilhões de pessoas ainda sem acesso a água potável, esta categoria é talvez a mais importante de todas, apesar de apresentar menos patentes que as demais categorias. A água é abundante, mas sua distribuição espacial, temporal e qualitativa é desigual e variável. Assim, a inovação pode fornecer soluções em muitas áreas que vão desde o monitoramento e previsão de reservatórios, fluxos de água e precipitação, até o aumento da eficiência do uso da água, evitando perdas, protegendo contra poluição e tratando para consumo seguro. As mudanças climáticas têm um grande impacto na disponibilidade de água

Dessalinização (1153);
Tratamento de água (500);
Avaliação, monitoramento e controle de reservas de água (291);
Proteção costeira (291);
Extração de água (285);
Eficiência do uso de água (195);
Controle de inundação (135);
Transporte e distribuição de água (118);
Armazenamento de água (17);
Saneamento (9).

e também aumentam os riscos da água na forma de inundações e erosão costeira.

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações disponíveis em (WIPO, [s. d.]).

3.3 ROADMAP TECNOLÓGICO

Em um cenário de constante transformação tecnológica e de rápida evolução do conhecimento, os estudos prospectivos ajudam a diminuir as incertezas, aproveitar melhor as oportunidades possíveis, enfrentar adversidades e responder aos desafios do futuro (PHAAL, 2015).

Para Mayerhoff (2008 *apud* JÚNIOR; TAVARES; PESSOA, 2011), estudos prospectivos constituem uma ferramenta básica para fundamentar a tomada de decisão, sobretudo na realização de um planejamento tecnológico. O foco dos estudos de prospecção não está em ‘descobrir’ o futuro, ao contrário, concentra-se na construção e delineamento de visões prováveis que possam direcionar as escolhas feitas hoje, de forma mais positiva possível, para a construção do futuro desejável.

O *roadmap* tecnológico é uma das ferramentas utilizadas para a elaboração de estratégias em novas tecnologias (WILLYARD; MCLEES, 1987, PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004 *apud* COUTINHO; BOMTEMPO, 2011). Segundo Bray e Garcia (1998 *apud* JÚNIOR; TAVARES; PESSOA, 2011, p. 283) o *roadmap* simboliza o “processo de planejamento tecnológico para identificar, selecionar e desenvolver as alternativas tecnológicas com objetivo de atender a um conjunto de necessidades pré-elaboradas por uma ou mais empresas”.

Roadmap, termo em inglês cuja tradução literal significa ‘mapa da estrada’, pode ser entendido como um itinerário para subsidiar a definição de estratégias e processo decisório, por meio da identificação de caminhos mais favoráveis ao futuro da organização. Descrevendo de maneira clara as prioridades de ação no curto, médio e longo prazo, o *roadmap* tecnológico fornece um roteiro metodológico para monitoramento do ambiente e avaliação e acompanhamento de tecnologias específicas (COUTINHO; BOMTEMPO, 2011).

O *roadmap* tecnológico surgiu nas décadas de 1970 e 1980, na Motorola e Corning, motivado principalmente pela necessidade de se estruturar um mapeamento

de informações integradas, e ao longo do tempo, sobre tecnologia, produto e mercado (JÚNIOR; TAVARES; PESSOA, 2011; PHAAL, 2015). Entretanto, a primeira publicação sobre o tema só ocorreu em 1987, pelo então diretor de planejamento tecnológico da Motorola, na revista *Research Management* (JÚNIOR; TAVARES; PESSOA, 2011). Bob Galvin, que era CEO da Motorola quando o *roadmapping* foi estabelecido, definiu como uma visão ampliada do futuro de um campo de investigação específico, composto do conhecimento coletivo e da imaginação dos mais brilhantes motores de mudança nesse campo (PHAAL, 2015). Essa definição enfatiza a importância que o conhecimento e a experiência desempenham no processo, a natureza prospectiva da abordagem e sua flexibilidade.

Para Coelho *et al.* (2005 *apud* JÚNIOR; TAVARES; PESSOA, 2011), *roadmaps* permitem a criação de planos contendo as visões do mercado e do consumidor e a trajetória evolucionária dos produtos e das tecnologias, além de permitir o acompanhamento das mudanças tecnológicas desde o início do processo. Esse método de planejamento é feito em etapas contínuas de coleta e análise de informações relevantes, que serão organizadas em relatórios e mapas de suporte para a elaboração do mapa final, o *roadmap* (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2001 *apud* JÚNIOR; TAVARES; PESSOA, 2011).

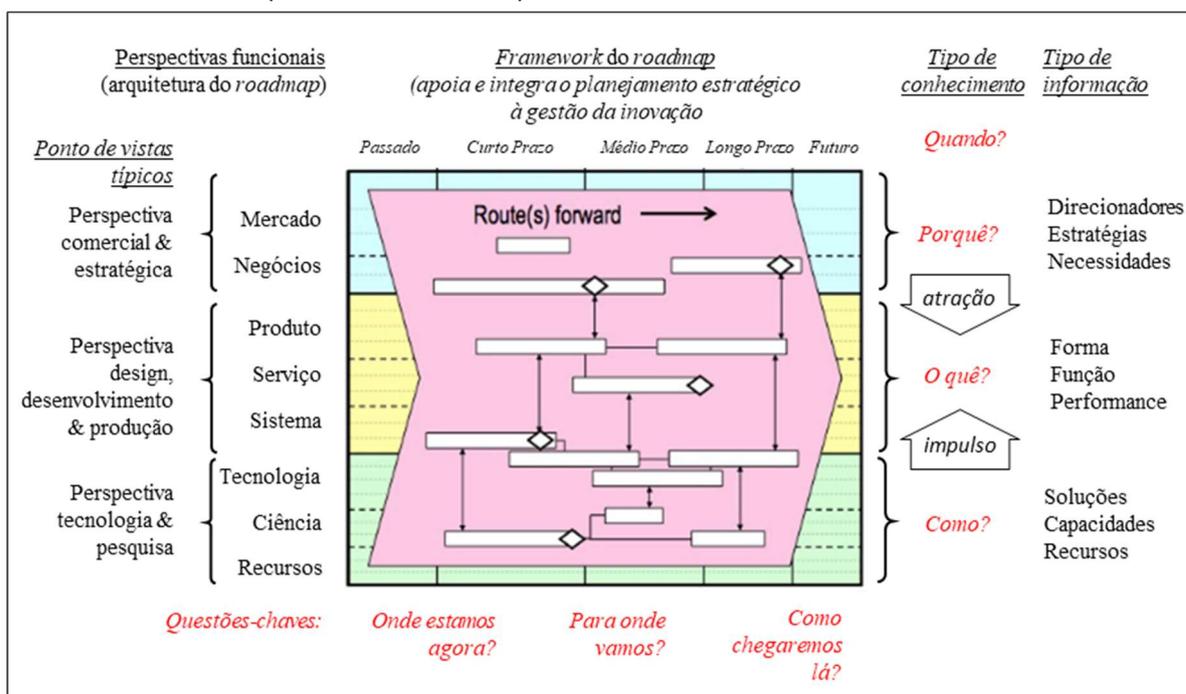
Segundo Júnior, Tavares e Pessoa (2011), o método do *roadmap* promove a interação de especialistas e o compartilhamento de visões prospectivas que se concretizam na criação de um conjunto de ações concatenadas no curto, médio e longo prazo. Para os autores, o *roadmap* tecnológico é uma “poderosa e versátil técnica para gestão e planejamento, sobretudo quando se trata de explorar os vínculos ativos entre recursos tecnológicos, objetivos organizacionais e desenvolvimento das tecnologias” (JÚNIOR; TAVARES; PESSOA, 2011, p. 238). Isso porque o *roadmap* permite um planejamento mais consistente para a otimização dos recursos, o que aumenta a vantagem competitiva da organização e sua sobrevivência no mercado (ANDRADE; MONTI; SILVA, 2008 *apud* JÚNIOR; TAVARES; PESSOA, 2011).

O benefício mais frequentemente citado da abordagem de *roadmap* é a comunicação entre as fronteiras funcionais e organizacionais. O processo de desenvolvimento do roteiro reúne as várias partes interessadas e perspectivas principais, construindo um consenso. Além disso, uma vez desenvolvido, o *roadmap*

pode ser amplamente divulgado, servindo como ponto de referência para o diálogo e ação contínua (PHAAL, 2015). São, portanto, representações gráficas simplificadas que comunicam e compartilham intenções estratégicas para alinhar, mobilizar e coordenar os esforços das partes envolvidas em prol de um ou mais objetivos (SOUZA *et al.*, 2008 *apud* JÚNIOR; TAVARES; PESSOA, 2011).

Os *roadmaps* tecnológicos são aparentemente simples em termos de formato, mas seu desenvolvimento apresenta desafios significativos. Em particular, o escopo é geralmente amplo, cobrindo uma série de complexas interações conceituais e humanas. Muitas abordagens diferentes foram desenvolvidas, podendo os *roadmaps* assumir muitas formas, embora geralmente o foco seja uma representação gráfica que fornece uma visão altamente estratégica do tópico de interesse. A estrutura típica de um *roadmap*, conforme ilustrado na FIGURA 1, é formada por um diagrama com dois eixos, tendo no eixo vertical as várias camadas analisadas, mostrando diferentes perspectivas, e o eixo horizontal a dimensão tempo, exibindo a evolução tecnológica durante o período – passado, presente e futuro. Este tipo de *roadmap* permite que as visões laterais de ‘demanda’ e ‘oferta’ sejam representadas, equilibrando "atração do mercado" e "impulso de tecnologia" e alinhando várias perspectivas. (PHAAL, 2015).

FIGURA 1. Roteiro esquemático de *roadmap* em várias camadas



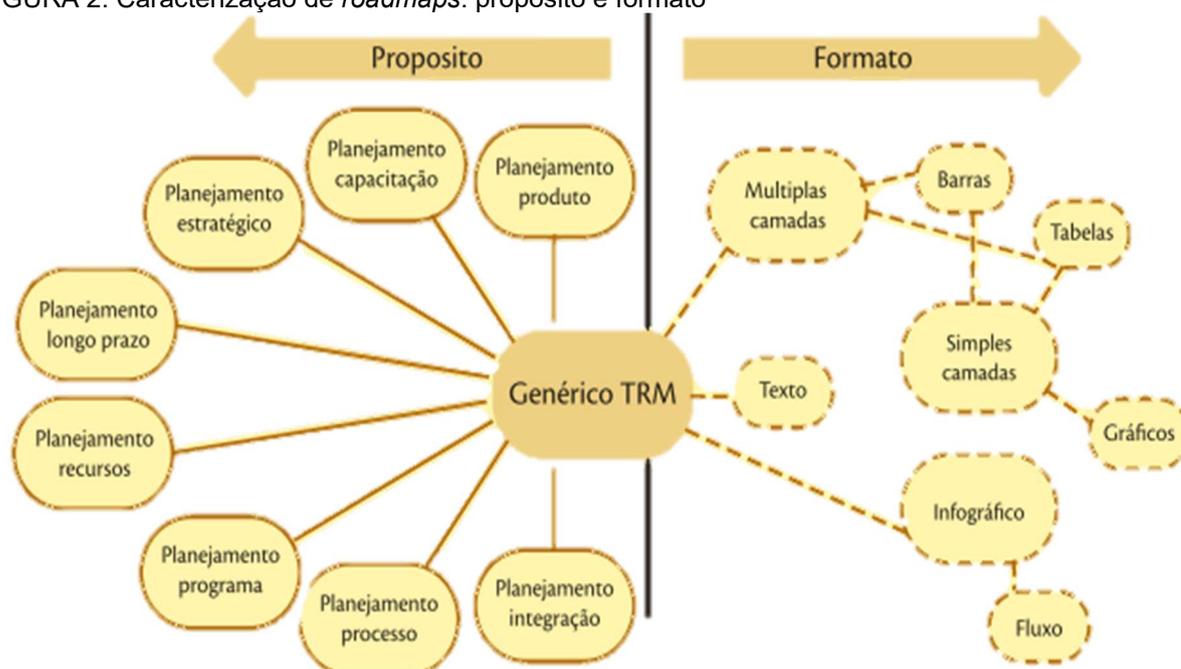
Fonte: Adaptado de PHAAL, 2015.

Como se observa na FIGURA 1, o *roadmap* pode ser prontamente adaptado para se adequar a uma ampla gama de objetivos e contextos. Uma pesquisa¹ de *roadmap* de domínio público, realizada em julho de 2011, identificou mais de 2.000 exemplos envolvendo diversos setores como energia, transporte, materiais, aeroespacial, eletrônica, TIC, manufatura, construção, saúde, defesa e ciência. Basicamente, o *roadmap* busca responder três questões básicas (simples de perguntar, mas não de responder) que levam em consideração uma gama de perspectivas como mercado, produto e tecnologia (apresentadas em vermelho): 1) Onde estamos agora? 2) Para onde vamos? 3) Como chegaremos lá?

Segundo Phaal (2015), os *roadmap* são, em essência, ‘lentes estratégicas’ simples e adaptáveis, por meio das quais pode-se visualizar a evolução de sistemas complexos, apoiando o diálogo, o alinhamento e o consenso. Ressalta-se, entretanto, que esse formato em camadas nem sempre é a melhor maneira de comunicar a estratégia, dependendo do contexto, propósito e público. Termos como produto, inovação, negócios ou roteiro estratégico podem ser mais apropriados para muitos de seus usos potenciais. Por isso, formatos alternativos podem ser úteis para comunicar os *roadmap* junto a grupos específicos, como alta administração ou investidores.

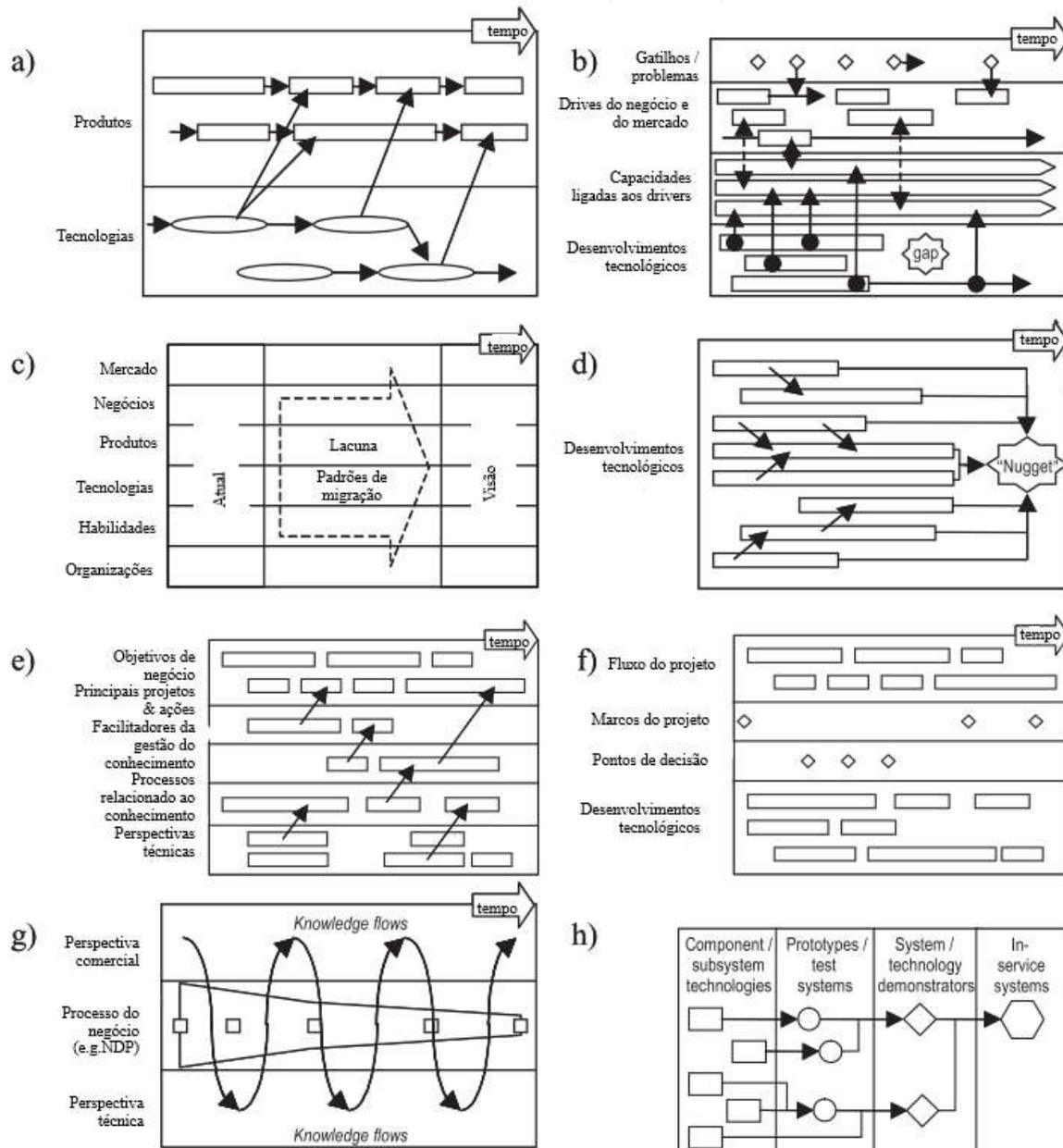
O exame de um conjunto de aproximadamente 40 roteiros revelou uma grande variedade de tipos de *roadmaps*, agrupados em 16 áreas, conforme a FIGURA 2, a finalidade pretendida (propósito) e o formato gráfico da sua estrutura e conteúdo (forma).

¹ www.ifm.eng.cam.ac.uk/uploads/Research/CTM/Roadmapping/public_domain_roadmaps.pdf

FIGURA 2. Caracterização de *roadmaps*: propósito e formato

Fonte: Adaptado de PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004.

Em relação ao propósito, a FIGURA 3 mostra oito tipos de *roadmap*: (a) planejamento de produto; (b) planejamento de serviço/ capacidade; (c) planejamento estratégico; (d) planejamento de longo prazo; (e) planejamento de ativos de conhecimento; (f) planejamento de programa; (g) planejamento de processo; e (h) planejamento de integração.

FIGURA 3. Exemplos de *roadmaps* conforme o propósito (finalidade)

Fonte: Adaptado de PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004.

a) Planejamento de produto: este é de longe o tipo mais comum de *roadmap* tecnológico e serve para vincular a tecnologia planejada e o desenvolvimento de produtos.

b) Planejamento de serviço/ capacidade: este tipo é mais adequado para empresas baseadas em serviços, com ênfase na tecnologia como suporte aos recursos organizacionais, e é usado para investigar o impacto dos desenvolvimentos de

tecnologia nos negócios. Este modelo focaliza as capacidades organizacionais como a ponte entre a tecnologia e os negócios, ao invés de produtos.

c) Planejamento estratégico: este tipo é adequado para a avaliação estratégica geral, em termos de apoio à avaliação de diferentes oportunidades ou ameaças, normalmente a nível empresarial. Este *roadmap* está centrado no desenvolvimento de uma visão do negócio futuro, em termos de mercados, negócios, produtos, tecnologias, competências, cultura, etc. Por isso, são identificadas lacunas, comparando a visão de futuro com a posição atual, e as opções estratégicas exploradas para suprir as lacunas.

d) Planejamento de longo prazo: este tipo é usado para apoiar o planejamento de longo prazo, estendendo o horizonte de planejamento, e são frequentemente realizados em nível setorial ou nacional, podendo atuar como um radar para a organização identificar tecnologias e mercados potencialmente perturbadores.

e) Planejamento de ativos de conhecimento: este tipo alinha ativos de conhecimento e iniciativas de gerenciamento de conhecimento com os objetivos de negócios, permitindo que as organizações visualizem seus ativos de conhecimento crítico e as ligações com as habilidades, tecnologias e competências necessárias para atender às demandas futuras do mercado.

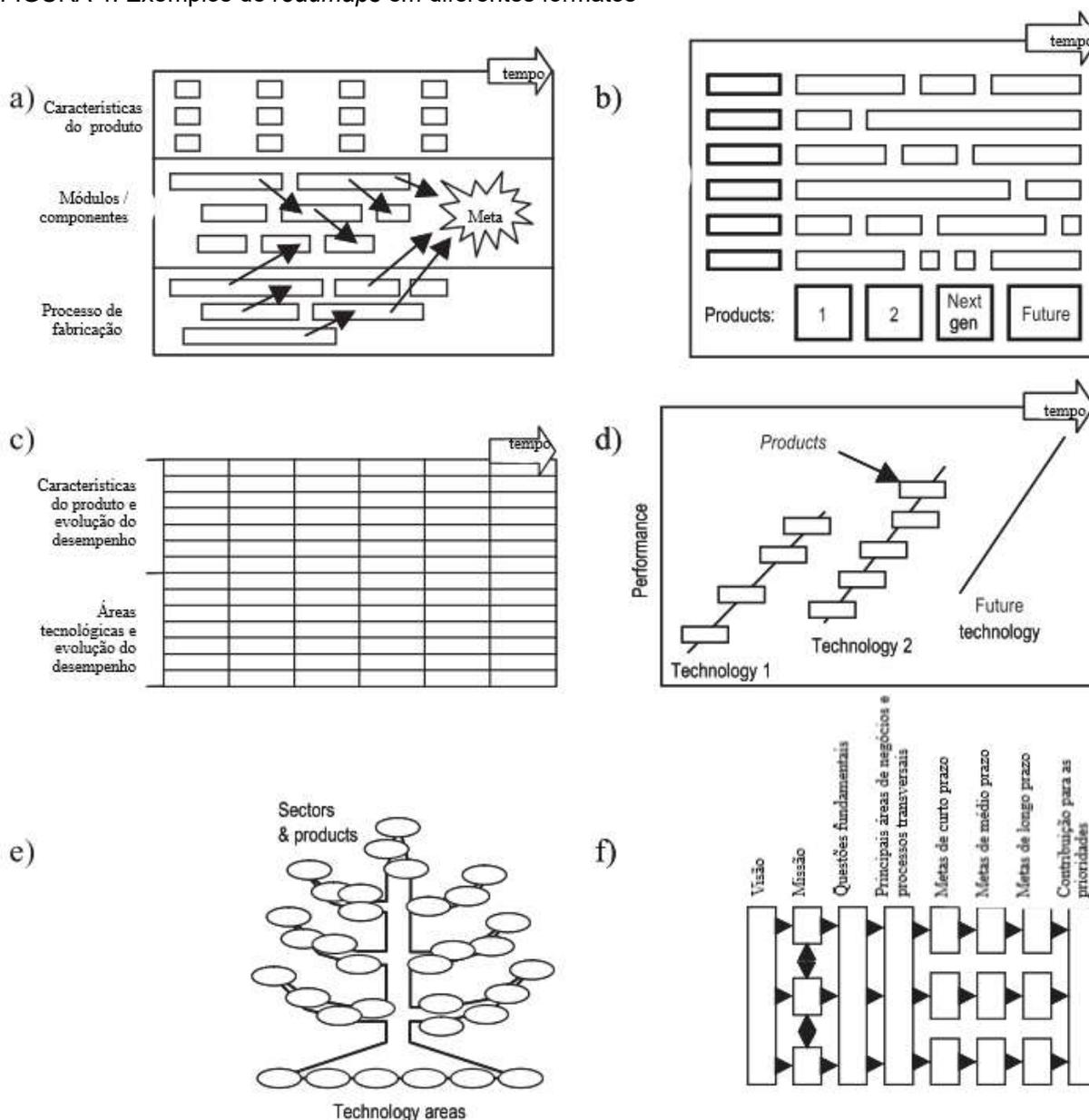
f) Planejamento de programa: este tipo se concentra na implementação da estratégia e está mais diretamente relacionado ao planejamento de um projeto (por exemplo, programas de P&D). Este *roadmap* permite visualizar a gestão de um programa, mostrando as relações entre o desenvolvimento de tecnologia e as fases e marcos deste programa.

g) Planejamento de processos: este tipo oferece suporte ao gerenciamento do conhecimento, com foco em uma área de processo específica (por exemplo, desenvolvimento de novos produtos). Neste roteiro é possível visualizar os fluxos de conhecimento que são necessários para facilitar o desenvolvimento e a introdução de novos produtos eficazes, incorporando as perspectivas técnica e comercial.

h) Planejamento de integração: este tipo se concentra na integração e/ou evolução da tecnologia, em termos de como diferentes tecnologias se combinam em produtos e sistemas, ou para formar novas tecnologias (muitas vezes sem mostrar a dimensão do tempo explicitamente).

Em relação à forma, a FIGURA 4 apresenta seis exemplos de *roadmap* em formatos gráficos distintos: (a) camadas múltiplas; (b) barras; (c) tabelas; (d) gráficos; (e) infográficos; (f) fluxos.

FIGURA 4. Exemplos de *roadmaps* em diferentes formatos



Fonte: Adaptado de PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004.

a) Múltiplas camadas: este é o formato mais comum de *roadmap* tecnológico compreendendo várias camadas (e subcamadas), como tecnologia, produto e mercado. Este formato de *roadmap* permite que a evolução dentro de cada camada seja explorada, juntamente com as dependências entre as diferentes camadas, facilitando a integração da tecnologia em produtos, serviços e sistemas de negócios.

b) Barras: muitos *roadmaps* são expressos na forma de um conjunto de barras, para cada camada ou subcamada. Isso tem a vantagem de simplificar e unificar as saídas necessárias, o que facilita a comunicação e a integração de diferentes *roadmaps*.

c) Tabelas: em alguns casos, *roadmaps* inteiros, ou camadas dentro do *roadmap*, são expressos como tabelas (tempo x desempenho ou requisitos). Esse tipo de abordagem é particularmente adequado para situações em que o desempenho pode ser prontamente quantificado ou se as atividades são agrupadas em períodos de tempo específicos.

d) Gráficos: onde o desempenho do produto ou da tecnologia pode ser quantificado, um *roadmap* pode ser expresso como um gráfico ou plotagem simples - normalmente um para cada subcamada. Esse tipo de gráfico às vezes é chamado de curva de experiência e está intimamente relacionado às curvas S de tecnologia.

e) Infográficos: alguns *roadmaps* usam representações ou desenhos mais criativos para comunicar planos e integração de tecnologia. Às vezes, metáforas são usadas para apoiar o objetivo (por exemplo, uma árvore).

f) Fluxos: um tipo particular de infográfico é o fluxograma, que normalmente é usado para relacionar objetivos, ações e resultados.

Além dos modelos exibidos na FIGURA 4, é possível representar o roadmap em mais dois formatos:

g) Camada única: um subconjunto do tipo 'a' supracitado, só que com apenas uma única camada. Embora menos complexo, a desvantagem desse tipo é que as ligações entre as camadas geralmente não são mostradas.

h) Texto: alguns *roadmaps* são inteiramente ou em sua maioria baseados em texto, descrevendo os mesmos problemas incluídos em roteiros gráficos mais convencionais (que geralmente têm relatórios baseados em texto associados a eles).

Para Phaal, Farrukh e Probert (2004), a variedade de tipos de roteiros observados pode ser parcialmente atribuída à falta de padrões ou protocolos claros e aceitos para sua construção. No entanto, considera-se que isto também reflete a necessidade de adaptar a abordagem para se adequar à situação, em termos de objetivo do negócio, fontes de informação existentes, recursos disponíveis e uso pretendido (a mensagem a ser comunicada). Os *roadmaps* nem sempre se encaixam

perfeitamente nas categorias identificadas acima e podem conter elementos de mais de um tipo, em termos de finalidade e formato, resultando em formas híbridas. A estrutura adotada para definir as camadas e subcamadas do *roadmap* deve refletir os aspectos fundamentais do negócio e das questões que estão sendo consideradas no estudo prospectivo.

O roteiro multicamadas é a forma mais comum e a mais flexível na aplicação, incluindo as seguintes dimensões (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004):

a) Tempo: esta dimensão pode ser adaptada para se adequar à situação particular, em termos de horizonte de tempo (normalmente curto em setores como *e-commerce* e *software*, e muito mais longo para aeroespacial e infraestrutura); escala (uma escala logarítmica é normalmente usada, com mais espaço alocado para curto vs. longo prazo); intervalos (uma escala de tempo contínua pode ser usada, ou intervalos como seis meses, anual ou curto, médio e longo prazo). O espaço no *roadmap* também pode ser alocado para a visão e considerações de longo alcance, juntamente com a situação atual (e história), no que diz respeito à competição ou para definir a lacuna entre a posição atual e a visão.

b) Camadas: o eixo vertical do *roadmap* é crítico, pois precisa ser projetado para se ajustar à organização específica e ao problema a ser tratado. Frequentemente, uma parte considerável do esforço inicial do *roadmap* será direcionada à definição das camadas e subcamadas que formarão o roteiro, destacando a flexibilidade da abordagem para apoiar o planejamento estratégico. Assim, as camadas superiores estarão relacionadas ao propósito organizacional que está conduzindo o *roadmap* (propósito). As camadas inferiores estarão relacionadas aos recursos (conhecimento tecnológico) que serão implantados para atender à demanda das camadas superiores do roteiro (expertise). As camadas intermediárias do *roadmap* são cruciais, fornecendo uma ponte entre a finalidade e os recursos (o quê). Frequentemente, a camada intermediária concentra-se no desenvolvimento de produtos, pois esta é a rota pela qual a tecnologia é frequentemente implantada para atender às necessidades do mercado e do cliente. No entanto, para outras situações, serviços, capacidades, sistemas, riscos ou oportunidades podem ser mais apropriados para a camada intermediária, para entender como a tecnologia pode ser fornecida para obter benefícios para a organização e suas partes interessadas.

c) Anotação: além das informações contidas nas camadas, de acordo com o tempo, outras informações podem ser armazenadas no roteiro, incluindo:

- Ligações entre objetos em camadas e subcamadas (de vários tipos possíveis);
- Informações suplementares, como uma chave, declaração de estratégia de negócios ou motivadores de mercado, pessoas envolvidas no desenvolvimento do *roadmap* e suposições;
- Outros dispositivos gráficos, incluindo objetos, notas e códigos de cores, para indicar os principais pontos de decisão, lacunas, caminhos críticos, oportunidades e ameaças (incluindo tecnologias e mercados disruptivos).

d) Processo: as etapas que serão necessárias para concluir o primeiro *roadmap* e levar o processo adiante depois disso, normalmente serão diferentes para cada organização (e frequentemente dentro da organização também). O processo mais adequado depende de muitos fatores, incluindo o nível de recursos disponíveis (pessoas, tempo, orçamento), natureza da questão a ser tratada (objetivo e escopo), informações disponíveis (mercado e tecnologia), outros processos e métodos de gestão que são relevantes (estratégia, orçamento, desenvolvimento de novos produtos, gerenciamento de projetos e pesquisa de mercado). O planejamento estratégico geralmente envolve o equilíbrio de uma visão externa da empresa (mercado e ambiente de negócios) com uma visão interna (ativos tangíveis e intangíveis). Combinar essas perspectivas externas e internas (oportunidades, ameaças, pontos fortes e fracos) permite que um conjunto de opções de tecnologia de produto seja identificado e avaliado. Por esta razão, a maioria dos roteiros inclui aspectos de atração de mercado e impulso de tecnologia, onde a direção e a taxa de desenvolvimento de tecnologia, produto e mercado refletem um equilíbrio entre esses fatores. No entanto, deve-se reconhecer que uma abordagem '*push*' (empurrada) da tecnologia é geralmente mais divergente e complexa em comparação com a atração de mercado, pois uma tecnologia em particular pode ter muitas aplicações em domínios onde a empresa tem experiência limitada.

De qualquer modo, independente do formato escolhido, a abordagem do *roadmap* tem grande potencial para apoiar a estratégia e o planejamento de negócios além de suas origens de planejamento de produto e tecnologia. Para isso, deve-se reconhecer que não se trata de uma metodologia do tipo 'caixa preta', pois cada

aplicação será uma experiência de aprendizagem, com abordagem própria, flexível e adaptada às circunstâncias particulares.

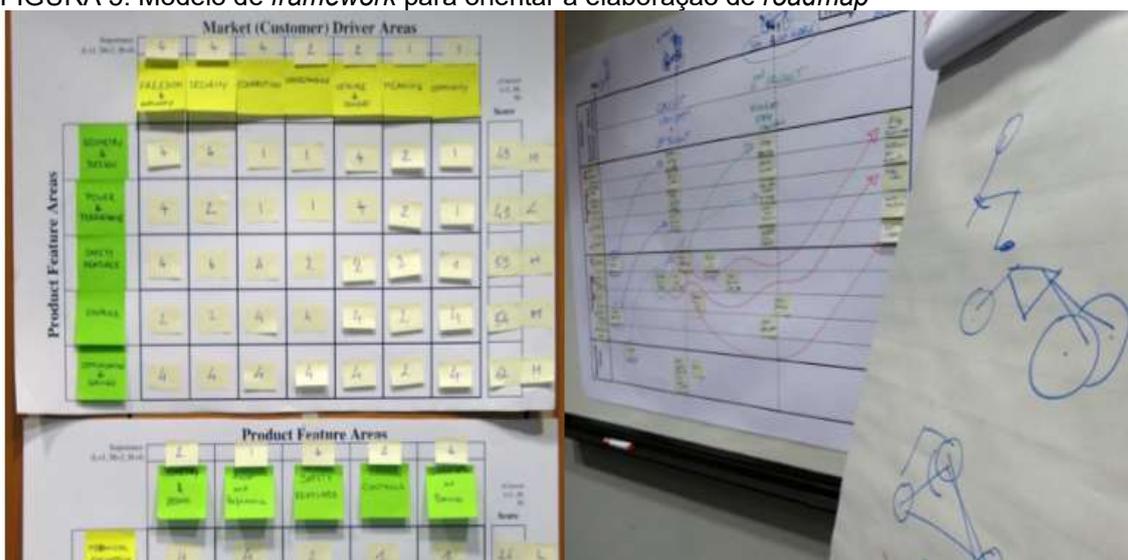
Aliás, muitos dos benefícios do *roadmapping* são derivados do processo em si e não do próprio *roadmap* (produto final). O processo reúne pessoas de diferentes partes da empresa, proporcionando uma oportunidade de compartilhar informações e perspectivas e fornecendo um veículo para a consideração holística de problemas, oportunidades e novas ideias. O principal benefício do primeiro *roadmap* desenvolvido provavelmente será a comunicação associada ao processo e uma estrutura comum para pensar sobre o planejamento estratégico da empresa. Várias interações podem ser necessárias antes que todos os benefícios da abordagem sejam alcançados. Assim, o *roadmap* integrado pode ser um catalisador para conduzir o processo de planejamento estratégico da empresa (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004).

O *roadmapping* pode apoiar uma variedade de objetivos de negócios diferentes, incluindo planejamento de produto, exploração de novas oportunidades, alocação e gerenciamento de recursos e estratégia e planejamento de negócios aprimorados. Além disso, cada organização é diferente em termos de seu contexto de negócios específico, cultura organizacional, processos de negócios, recursos disponíveis, tipos de tecnologia, etc. Por essas razões, se todos os benefícios do *roadmapping* devem ser obtidos, então deve-se esperar que a abordagem seja efetivamente personalizada para se adequar à situação específica (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004).

Dessa forma, a fase de planejamento é a mais importante para personalizar o modelo que será desenvolvido o *roadmap*, de forma que seja possível articular claramente os objetivos estratégicos da empresa e pensar em como o *roadmapping* pode ajudar a atingir esses objetivos, dada a situação e contexto específicos.

Para Phaal (2015), promover *workshops* é bastante útil para a elaboração do *roadmap* devido à interação dos participantes na construção de consenso sobre quais são as principais questões de interesse e preocupação da organização, como também serve para potencializar a comunicação entre as pessoas, criando uma estrutura coerente e uma linguagem comum para orientar a discussão e capturar os pontos de vista, em um processo prático, ativo e criativo. As atividades interativas dos participantes podem ser estruturadas a partir de um grande *framework* disposto na parede, com o uso de quadros, cartazes e post-its, conforme ilustrado na FIGURA 5.

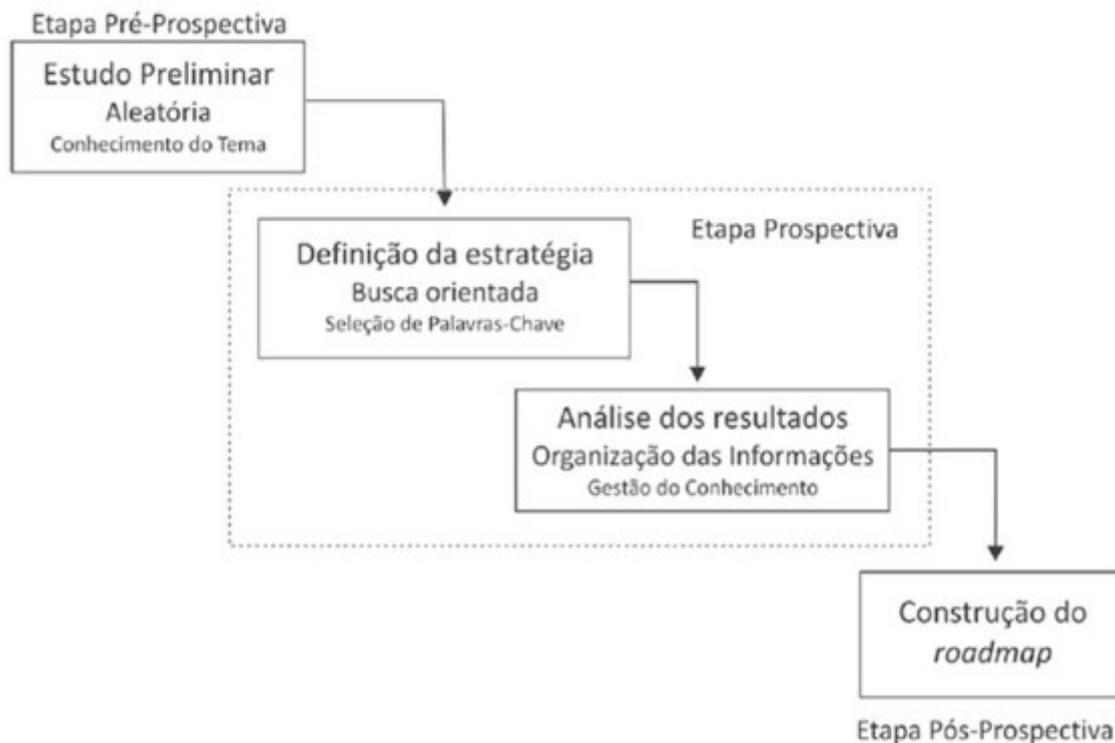
FIGURA 5. Modelo de *framework* para orientar a elaboração de *roadmap*



Fonte: PHAAL, 2015.

A partir da definição das dimensões e perspectivas que compoem o modelo (eixos vertical e horizontal), os participantes criam um 'cenário estratégico' que servirá de contexto para identificação de oportunidades e questões críticas. Em seguida, pequenos grupos exploram os tópicos específicos mais detalhadamente e aprimoram as informações que serão levadas para revisão e discussão geral com vistas a acordar prioridades, diretrizes e ações que serão inseridas no *roadmap* em questão. Importante ressaltar que, antes, durante e depois das oficinas, é preciso coletar dados, analisar resultados, desenvolver representações e relatórios do *roadmap* (PHAAL, 2015).

Segundo Borschiver e Lemos (2016), a construção de um roadmap envolve três etapas principais, conforme esquematizado na FIGURA 6.

FIGURA 6. Metodologia para elaboração de *roadmaps* tecnológicos

Fonte: BORSCHIVER; SILVA, 2016.

A etapa pré-prospectiva envolve uma busca exploratória sobre o assunto de interesse e visa obter uma visão geral do estado da arte relacionado ao tema. Na etapa prospectiva, definem-se as estratégias de busca, com a escolha de palavras-chaves e fontes para a pesquisa (mídia digital, bases de artigos científicos, bases de patentes, etc.), de forma a direcionar o mapeamento dos dados com vistas à obtenção de resultados mais assertivos. A definição dos critérios para a busca orientada é feita com base nos conhecimentos levantados na etapa anterior (revisão de literatura), que podem ser complementados por meio de entrevistas com especialistas da área do objeto de estudo. A partir de tais parâmetros, os resultados obtidos na busca prospectiva são organizados e analisados com a esquematização de uma base de dados, geralmente com o auxílio de uma planilha eletrônica, para a gestão do conhecimento. Na última fase, etapa pós-prospectiva, as informações analisadas são organizadas no *roadmap*, que será elaborado no formato mais adequado para destacar visualmente os aspectos mais relevantes do estudo, bem como suas interrelações.

A partir de estudo que avaliou 78 iniciativas de *roadmappings* setoriais realizados na Europa, EUA, Canadá e Japão, Phaal (2015) destaca algumas boas práticas, descritas na TABELA 2, que podem contribuir na elaboração de *roadmaps*.

TABELA 2. Boas práticas na elaboração de *roadmaps*

ETAPA	RECOMENDAÇÃO
Planejamento	<ul style="list-style-type: none"> • A iniciativa do <i>roadmap</i> deve estar claramente ligada às iniciativas estratégicas mais amplas (por exemplo, prioridades nacionais de inovação). • É muito mais fácil lançar uma atividade de <i>roadmap</i> dentro de uma rede social existente (por exemplo, uma associação da indústria). • Para mobilizar os participantes, deve haver um senso de 'urgência'. • Criar um compromisso de alto nível desde o início é fundamental, envolvendo os tomadores de decisão das empresas (e do governo) ao longo do processo. • A visão e o estabelecimento de metas são importantes, como um foco para o desenvolvimento de consenso dentro da comunidade. • As atividades de <i>roadmapping</i> orientadas à indústria devem ser criadas com a participação da indústria do início para encorajar seu envolvimento e aceitação. • Um vínculo claro com os tomadores de decisão é importante para que o <i>roadmap</i> tenha impacto.
Implementação	<ul style="list-style-type: none"> • Nenhum formato é adequado para todas as situações - a abordagem geralmente tem que ser personalizada. • É importante que a iniciativa seja sustentada, para manter os participantes interessados e envolvidos. • O <i>roadmap</i> é inerentemente exploratório por natureza e, portanto, o plano deve ser flexível para acomodar a aprendizagem à medida que o processo avança. • Um espírito de abertura é importante para encorajar novos participantes e pensamentos ao longo do processo. • Os aspectos financeiros precisam ser claros - geralmente os custos de tais iniciativas são compartilhados entre as organizações administradoras e participantes.
Acompanhamento	<ul style="list-style-type: none"> • Normalmente o <i>roadmap</i> é um processo iterativo, que se beneficia com revisões sucessivas e contínuas de versões anteriores. • Os resultados devem ser monitorados, incluindo sua aceitação e impacto.

Fonte: Adaptado de PHAAL, 2015.

3.4 NÍVEIS DE PRONTIDÃO TECNOLÓGICA (*TECHNOLOGY READINESS LEVEL* – TRL)

Os Níveis de Prontidão Tecnológica (TRL) caracterizam-se como um sistema de métricas para avaliação da maturidade de uma determinada tecnologia, permitindo análises comparativas entre diferentes tecnologias (MANKINS, 1995).

A abordagem TRL foi introduzida pela NASA na década de 1970, como uma ferramenta no planejamento de tecnologias espaciais, e tem sido aplicada para avaliação e monitoramento de tecnologias nos mais diversos setores (OLECHOWSKI; EPPINGER; JOGLEKAR, 2015).

Com nove níveis, a escala TRL fornece uma visão resumida do processo de desenvolvimento de uma tecnologia, desde a pesquisa 'básica' em novas tecnologias e conceitos; desenvolvimento de tecnologias específicas para um ou mais potenciais de aplicação; demonstração de tecnologias por meio de protótipos; escalonagem na fabricação; lançamento e operação do sistema de produção (MANKINS, 1995).

Mankins (1995) descreve os nível de prontidão tecnológica da seguinte forma:

- *TRL 1 - Princípios básicos observados e relatados.*

Este é o nível mais baixo de maturação tecnológica, que marca a transferência da pesquisa científica para a pesquisa aplicada e o desenvolvimento. Exemplos podem incluir estudos das propriedades básicas de materiais (por exemplo, resistência à tração em função da temperatura para uma nova fibra).

- *TRL 2 - Conceito e/ou aplicação de tecnologia formulado.*

Neste nível as aplicações práticas da tecnologia são 'inventadas' ou identificadas, em uma abordagem especulativa, sem provas experimentais ou análises detalhadas que sustentem as hipóteses formuladas. Por exemplo, aplicações potenciais de um novo material que garanta supercondutividade em altas temperaturas podem ser propostas em novos dispositivos de filme fino (por exemplo, misturadores SIS) ou em sistemas de instrumentos (por exemplo, sensores de telescópio).

- *TRL 3 - Prova de conceito analítica e experimental de características e/ ou funções críticas.*

Nesta etapa inicia-se a pesquisa e desenvolvimento ativos. Inclui estudos analíticos para definir a tecnologia em um contexto apropriado e estudos laboratoriais para validar fisicamente se as previsões analíticas estão corretas. Esses estudos e experimentos constituem-se numa validação de “prova de conceito” das aplicações e conceitos formulados no TRL 2. Por exemplo, um conceito para propulsão de Matéria de Alta Densidade de Energia (HEDM) pode depender de hidrogênio super-resfriado como propulsor; o TRL 3 será alcançado quando a fase/ temperatura/ pressão de habilitação do conceito para o fluido foi alcançada em teste de laboratório.

- *TRL 4 - Validação de componentes e/ou protótipos em ambiente de laboratório.*

No TRL 4, elementos tecnológicos básicos devem ser integrados para estabelecer que o conjunto de peças trabalharão juntas para alcançar níveis de desempenho desejado. Esta validação de “baixa fidelidade” deve apoiar o conceito formulado anteriormente e também ser consistente com os requisitos das aplicações potenciais do sistema. Por exemplo, testar algoritmos em uma demonstração de componentes parcialmente baseada em computador e parcialmente de bancada (por exemplo, giroscópios de fibra óptica) em um laboratório de controles usando *inputs* simulados.

- *TRL 5 - Validação de componentes e/ ou protótipos em ambiente relevante.*

Nesta etapa, verifica-se que a fidelidade do componente e/ou protótipo testado aumenta significativamente, com o teste dos elementos integrados, inclusive com novas tecnologias envolvidas na demonstração, de forma que o aplicativo como um todo possa ser verificado em um ambiente que simule a realidade. Por exemplo, um novo tipo de material solar fotovoltaico que promete eficiências mais altas seria usado neste nível em um 'manto' de painel solar fabricado que seria integrado com fontes de alimentação, estrutura de suporte, etc., e testado em uma câmara a vácuo térmico com capacidade de simulação solar.

- *TRL 6 - Demonstração de modelo ou protótipo de sistema/subsistema em um ambiente relevante (terra ou espaço).*

No TRL 6, um modelo ou protótipo de sistema ou sistema representativo - que iria muito além de *ad hoc*, *patchcord* ou *breadboard* em nível de componente discreto - seria testado em um ambiente relevante. A demonstração pode representar um aplicativo de sistema real ou pode ser apenas semelhante ao aplicativo planejado,

mas usando as mesmas tecnologias. Nesse nível, várias novas tecnologias podem ser integradas à demonstração. Por exemplo, uma abordagem inovadora para radiadores de alta temperatura/baixa massa, envolvendo gotículas líquidas e materiais compósitos, seria demonstrada no TRL 6 voando um modelo de trabalho, em subescala (mas escalável), do sistema de um ônibus espacial ou de parte da Estação Espacial Internacional. Neste exemplo, a razão pela qual o espaço é o ambiente relevante é que a microgravidade, o vácuo e os efeitos do ambiente térmico ditarão o sucesso/fracasso do sistema, e a única maneira de validar essa tecnologia seria realmente no espaço.

- *TRL 7 - Demonstração do protótipo do sistema/subsistema em ambiente necessário (espaço).*

É um passo significativo, pois exige demonstração real do protótipo do sistema no ambiente definido para utilização. O protótipo deve estar próximo ou na escala do sistema operacional planejado e a demonstração deve ocorrer no ambiente previsto. Esse nível de maturidade visa garantir a confiança da engenharia de sistemas e do gerenciamento de desenvolvimento. O TRL 7 normalmente só será executado para tecnologias ou sistemas considerados críticos ou de alto risco. Exemplo: confirmação do funcionamento de um componente em alto vácuo.

- *TRL 8 - Sistema real concluído e qualificado por meio de testes e demonstração (terra ou espaço).*

Representa a conclusão do desenvolvimento tecnológico do sistema, podendo incluir integrações de novas tecnologias em um sistema existente. Prova-se que a tecnologia funciona na sua forma final e nas condições esperadas. Exemplo: carregar e testar com sucesso um novo algoritmo de controle no computador de bordo do Telescópio Espacial Hubble em órbita.

- *TRL 9 - Sistema real comprovado por meio de operações em missão bem-sucedida.*

Por definição, todas as tecnologias aplicadas em sistemas reais passam pelo TRL 9. Nessa etapa, são realizadas as últimas correções/alterações para solucionar problemas encontrados após o lançamento. Isso pode incluir a integração de nova tecnologia em um sistema existente (como operar uma nova ferramenta de inteligência artificial no controle de missão operacional no JSC). Entretanto, este TRL não inclui melhorias planejadas em sistemas contínuos ou reutilizáveis. Por exemplo,

um novo mecanismo para um Veículo de Lançamento Reutilizável (RLV) existente não iniciaria no TRL 9; essa atualização de tecnologia começaria no nível apropriado do sistema TRL.

Segundo Towery, Machek e Thomas (2017), a escala TRL é recomendado para: identificar lacunas técnicas a serem preenchidas para avançar no desenvolvimento da tecnologia; analisar um portfólio em termos de maturidade tecnológica; ou servir como uma referência “abreviada” para comunicar e/ou discutir o status do projeto, interna e externamente. Entretanto, o método TRL não identifica os riscos nem os desafios a serem enfrentados no desenvolvimento da tecnologia - como a dificuldade de avançar para o próximo nível; o potencial impacto ou benefício da tecnologia; ou ainda o mercado potencial para uma tecnologia. Assim, seu uso é inadequado para avaliar o investimento necessário para avançar a tecnologia; estimar o impacto técnico da tecnologia; ou como indicador único para basear a decisão de continuidade ou não de projetos.

4 METODOLOGIA

A pesquisa objetivou construir um *roadmap* de tecnologias limpas relacionadas à implantação e/ou operacionalização de condomínios horizontais ecologicamente corretos, dado o desafio de tornar tais empreendimentos ambientalmente menos impactantes e mais sustentáveis.

Para tanto, adotou-se metodologia com abordagem quanti-qualitativa, por incluir dados quantitativos acerca de artigos publicados na literatura e pedidos de patentes depositados em bases nacionais e internacionais, e, também, aspectos qualitativos relacionados à discussão de tecnologias e tendências identificadas, bem como suas relações no âmbito das medidas mitigatórias e/ou compensatórios do impacto ambiental causado pela implantação e/ou operacionalização de condomínio horizontais.

Trata-se, portanto, de uma pesquisa de natureza aplicada que buscou gerar conhecimento para aplicação no âmbito dos processos de licenciamento ambiental de parcelamento de solo no Distrito Federal. Foi realizada revisão da literatura, além de análises documentais e bibliográficas sobre os temas envolvidos no estudo para a construção do referencial teórico.

O projeto de pesquisa envolveu 4 fases, conforme descrito na TABELA 3.

TABELA 3. Fases do projeto de pesquisa

FASE	OBJETIVO
<p style="text-align: center;">FASE 1 - PRÉ-PROSPECTIVA (exploratório)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamento do referencial teórico, por meio da revisão de literatura, sobre os temas abordados na pesquisa: meio ambiente; licenciamento ambiental (particularmente de parcelamentos de solo no Distrito Federal); tecnologias limpas aplicadas em condomínios horizontais; e <i>roadmap</i> tecnológico.
<p style="text-align: center;">FASE 2 PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA (bibliometria e patentometria)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Definição de estratégias para busca orientada, com seleção de palavras-chaves e escolha das bases de pesquisa de artigos científicos e patentes. • Busca de artigos científicos e patentes relacionadas às categorias de tecnologias limpas escolhidas no estudo.
<p style="text-align: center;">FASE 3 ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração da base de dados contendo informações completas acerca das tecnologias encontradas. • Categorização das tecnologias conforme área tecnológica aplicável e avaliação do TRL. • Consolidação dos resultados em clusters para estruturação visual do <i>roadmap</i>.

FASE 4
ELABORAÇÃO DO ROADMAP
(framework)

- Definição das subcamadas e posicionamento das tecnologias analisadas no *roadmap*, conforme dimensão 'tempo' (TRL).
- Elaboração do *roadmap*.
- Redação dos textos de apoio para comunicação dos resultados e apontamentos para o futuro.

Fonte: Elaborado pela autora.

A Fase 1 - Pré-Prospectiva foi iniciada com uma pesquisa bibliográfica exploratória, visando identificar autores relevantes e levantar conhecimentos mais aprofundados sobre o tema em questão. A busca de artigos foi realizada em duas bases: Google Acadêmico (GOOGLE, [s. d.]) e Periódicos CAPES (COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES), [s. d.]), pelo acesso CAFe, utilizando os seguintes termos concatenados (em inglês e português): i) “licenciamento ambiental” AND (“condominio horizontal” OR “parcelamento de solo”); ii) “clean technology” AND (“construction” OR “building” OR “condominium”); e iii) technology roadmap.

A partir do referencial teórico, passou-se para a Fase Prospectiva, com a definição de estratégias para a busca orientada de tecnologias do objeto de estudo - tecnologias limpas aplicáveis na construção de condomínios horizontais. Considerando a diversidade de tipos de tecnologias limpas que poderiam compor a pesquisa, para torná-lo mais aderente à realidade do licenciamento ambiental de condomínios horizontais do Distrito Federal, foram definidas três categorias mais relevantes - ‘Energia’, ‘Água’ e ‘Resíduos’, pois essas representam o maior impacto ambiental desse tipo de empreendimento (PEDRAZZI, 2014).

Para a pesquisa de artigos científicos, foi escolhida a base Scopus (ELSEVIER, [s. d.]) em função das suas funcionalidades para refinamento das buscas e análise dos resultados. Como estratégia, definiu-se o uso das palavras-chave *technology AND construction AND hous**, concatenadas com palavras-chave relacionadas às categorias supracitadas, limitando-se o período de janeiro de 2015 a junho de 2022.

Para a busca de patentes, foi escolhida a base WIPO GREEN (WIPO, [s. d.]), por ser uma base especializada de soluções sustentáveis e que já possui um sistema de classificação de patentes por área de interesse. A busca foi realizada entre os dias 14 e 18 de junho de 2022, na seção ‘Database’ da plataforma supracitada, e se concentrou na categoria ‘construção civil’, com suas 7 subcategorias (Edifício;

Aquecimento, refrigeração, ventilação e bombas de calor; Material de construção; Iluminação; Isolamento térmico; Planejamento urbano; e TIC em edifícios e gestão urbana), restringindo-se aos registros vinculados à ‘tecnologia’ e com avaliação do nível de prontidão (TRL).

Após levantamento de artigos científicos e patentes, passou-se para a Fase 3 com a elaboração da base de dados contendo as informações completas acerca das tecnologias encontradas. As tecnologias mais relevantes para aplicação em condomínios horizontais no Distrito Federal foram organizadas em uma base de dados do Microsoft Excel com as seguintes informações: ‘Tecnologia; ‘Categoria(s); ‘Área(s) Tecnológica(s); ‘Descrição’ e ‘TRL’.

Foi escolhido o formato de *roadmap* em multicamadas com dois eixos principais. No eixo vertical, foram trabalhadas três camadas distintas, uma para cada categoria - ‘Energia’, ‘Água’ e ‘Resíduos’. No eixo horizontal, a dimensão ‘tempo’ foi decomposta em três partes - ‘Agora’, ‘Amanhã’ e ‘Futuro’, considerando a avaliação dos níveis de prontidão tecnológica (*Technology Readiness Level* – TRL) das tecnologias analisadas.

Por fim, foi construído o *framework* do *roadmap* e realizado o posicionamento das tecnologias nas respectivas categorias, conforme a dimensão ‘tempo’ (maturidade tecnológica), concluído a Fase 4 desta pesquisa com a redação dos textos de apoio para comunicação dos resultados e apontamentos para o futuro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DO ROADMAP

A prospecção tecnológica do *Roadmap* foi realizada com um amplo estudo bibliométrico e análise patentométrica de tecnologias limpas aplicáveis em condomínios horizontais. Como resultado da busca de artigos foram obtidas 642 publicações (TABELA 4).

TABELA 4. Busca de artigos para identificação de tecnologias para o Roadmap

ESTRATÉGIAS DE BUSCA	ARTIGOS
TITLE-ABS-KEY (<i>technology AND construction AND hous* AND "solar energy"</i>) AND PUBYEAR AFT 2015	30
TITLE-ABS-KEY (<i>technology AND construction AND hous* AND "wind energy"</i>) AND PUBYEAR AFT 2015	6
TITLE-ABS-KEY (<i>technology AND construction AND hous* AND (biomass OR bioenergy)</i>) AND PUBYEAR AFT 2015	29
TITLE-ABS-KEY (<i>technology AND construction AND hous* AND "energy efficiency"</i>) AND PUBYEAR AFT 2015	254
TITLE-ABS-KEY (<i>technology AND construction AND hous* AND lighting</i>) AND PUBYEAR AFT 2015	26
TITLE-ABS-KEY (<i>technology AND construction AND hous* AND (cooling OR ventilation OR "thermal insulation")</i>) AND PUBYEAR AFT 2015	182
TITLE-ABS-KEY (<i>technology AND construction AND hous* AND ("water use efficiency" OR "water storage" OR "water treatment" OR "sanitation")</i>) AND PUBYEAR > 2015	46
TITLE-ABS-KEY (<i>technology AND construction AND hous* AND ("waste collection" OR "recycling and reuse" OR "wastewater treatment" OR "solid waste treatment" OR "construction waste")</i>)	38
TITLE-ABS-KEY (<i>technology AND construction AND "permeable pavement"</i>) AND PUBYEAR AFT 2015	15
TITLE-ABS-KEY (<i>technology AND construction AND hous* AND drainage</i>) AND PUBYEAR AFT 2015	16
Total de artigos encontrados	642

Fonte: Elaborado pela autora.

Destes, foram selecionados 65 artigos tratando de tecnologias limpas relacionadas às categorias escolhidas para o *roadmap* – energia, água e resíduos – com potencial de aplicação na construção e operação de condomínios horizontais (TABELA 5).

TABELA 5. Seleção de artigos por categoria e área tecnológica para o Roadmap

CATEGORIAS E ÁREAS TECNOLÓGICAS	ARTIGOS
ENERGIA	31
Eficiência energética	12
Energia Solar	4
Energia Eólica	3
Resfriamento, ventilação e isolamento térmico de edificações	10

Biomassa / Bioenergia	2
ÁGUA	7
Eficiência hídrica	5
Drenagem pluvial	2
RESÍDUOS	27
Tecnologias e materiais de construção	23
Reciclagem e reutilização	3
Tratamento de resíduos sólidos	1
Total de artigos selecionados para o roadmap	65

Fonte: Elaborado pela autora.

Na busca de patentes, foram obtidos 155 registros vinculados à categoria 'Edificações e construção' do WIPO GREEN (TABELA 6).

TABELA 6. Busca de patentes para identificação de tecnologias para o *Roadmap*

SUBCATEGORIA	NÍVEL DE PRONTIDÃO (TRL)	PATENTES
Aquecimento, refrigeração, ventilação e bombas de calor	Prova de conceito (TRL 3-4)	81
	Desenvolvimento de tecnologia/ protótipo (TRL 5-6)	3
	Protótipo validado em ambiente operacional (TRL 7)	23
	Produção/ampliação (TRL 9)	21
Material de construção	Prova de conceito (TRL 3-4)	11
	Protótipo validado em ambiente operacional (TRL 7)	2
	Produção/ampliação (TRL 9)	7
Iluminação	Protótipo validado em ambiente operacional (TRL 7)	2
	Produção/ampliação (TRL 9)	2
Isolamento térmico	Prova de conceito (TRL 3-4)	2
	Produção/ampliação (TRL 9)	1
Total de patentes encontradas		155

Fonte: Elaborado pela autora.

Todos os artigos e patentes previamente selecionados nas buscas supracitadas foram analisados. Várias tecnologias encontradas - como sistemas de geração de energia grande porte (usinas) e tecnologias de fabricação de materiais de construção (indústria de materiais) - foram excluídas tendo em vista sua inaplicação no âmbito do objeto do estudo, que se restringiu ao planejamento, construção e manutenção de condomínios horizontais. Também foram retiradas as tecnologias que não tinham aderência aos aspectos envolvidos no licenciamento ambiental de parcelamento de solo realizado pelo Instituto Brasília Ambiental, como tecnologias direcionadas para edificações verticais (edifícios), e aquelas com baixo potencial de replicação no Distrito Federal, como por exemplo tecnologias destinadas para regiões com condições climáticas muito diferentes (desertos, invernos rigorosos, etc.).

As tecnologias selecionadas foram agrupadas por afinidade, conforme sua natureza, com vistas à aglutinação em nomenclaturas consolidadas para representar características, aspectos, atributos e propriedades comuns. Assim, resultou-se na

reunião de 13 espécies de tecnologias consideradas mais relevantes para a para a composição do *Roadmap*, que foram avaliadas em separado e seguem apresentadas, uma a uma, nesta seção.

5.2 DIMENSÃO 'TEMPO' DO ROADMAP

A perspectiva 'tempo' do *Roadmap* (eixo horizontal) foi decomposta em três partes - 'Agora', 'Amanhã' e 'Futuro', considerando a avaliação dos níveis de prontidão tecnológica (*Technology Readiness Level* – TRL) das tecnologias analisadas.

A primeira dimensão do tempo (Agora) busca responder 'onde estamos agora?'. Por isso, relaciona-se ao momento atual e reúne as tecnologias que já estão disponíveis no mercado para venda e/ou licenciamento, portanto, com TRL9, em fase de produção/ampliação.

A segunda dimensão (Amanhã) indaga 'para onde vamos?'. Assim, refere-se às tecnologias que ainda requerem algum desenvolvimento para estarem prontas para o mercado. Neste ponto de vista, reúne as tecnologias com TRL7 ou TRL8, em fase de industrialização, que ainda precisam de escalagem.

A última dimensão (Futuro) considera 'como chegaremos lá?'. Dessa forma, reúne tecnologias que ainda estão em fase de teste e/ou validação em ambiente não-operacional, com TRL3-4 ou TRL5-6. Deste modo, são tecnologias que ainda estão em fase de desenvolvimento experimental (prova de conceito ou protótipo).

A TABELA 7 apresenta a distribuição dos TRLs na dimensão 'tempo' (eixo horizontal do *Roadmap*).

TABELA 7. Distribuição dos TRLs na dimensão 'tempo'

'Agora'	'Amanhã'	'Futuro'
TRL 9 (Produção/ampliação)	TRL-7 (Protótipo validado em ambiente operacional) TRL-8 (Demonstração/ disseminação comercial)	TRL 3-4 (Prova de conceito) TRL 5-6 (Desenvolvimento de tecnologia/ protótipo)

Fonte: Elaborado pela autora.

5.3 ABORDAGENS DAS TECNOLOGIAS DO ROADMAP

As tecnologias do *Roadmap* abrangem duas abordagens distintas para promover a redução dos impactos ambientais provocados pela ocupação do território e uso de recursos naturais decorrentes da implantação e operação de condomínios horizontais.

A primeira refere-se à aplicação direta na implantação desses empreendimentos, ou seja, são tecnologias que podem mitigar o dano ambiental provocado pelo parcelamento do solo e/ou pelas obras de infraestrutura dos condomínios horizontais. Portanto, esse enfoque considera os efeitos imediatos da implantação dos empreendimentos, podendo estar intrinsecamente vinculados às condições previstas (ou impostas) no licenciamento ambiental.

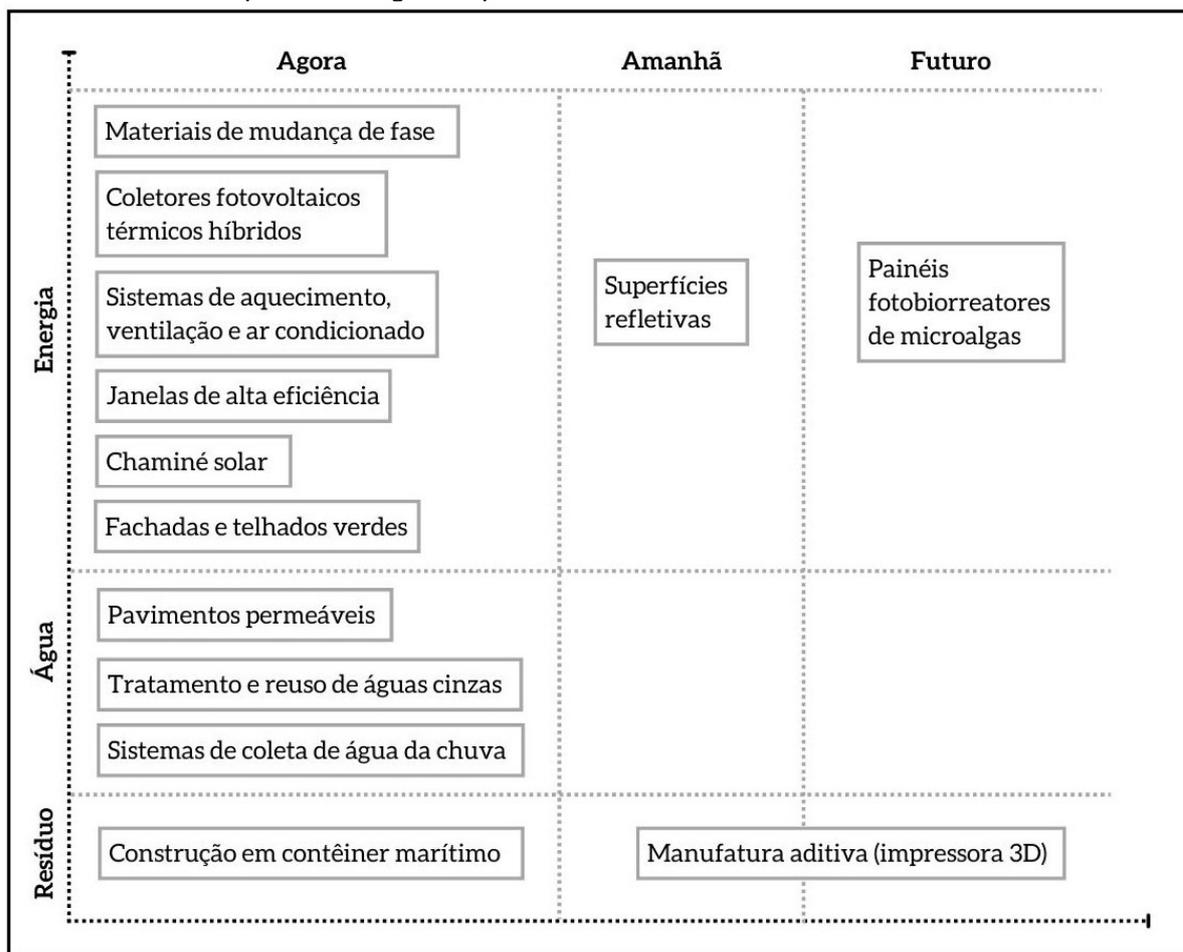
A segunda abordagem refere-se às tecnologias dirigidas às casas que serão construídas nos condomínios licenciados, portanto visam uma aplicação indireta nesses empreendimentos. A intenção dessa perspectiva visa considerar a sustentabilidade do empreendimento como um todo (condomínio + casas). Assim, apesar de não estarem especificamente relacionadas ao licenciamento ambiental - que estará restrito à implantação do condomínio e não envolve a construção das casas -, tais tecnologias podem compor a definição de diretrizes e/ou parâmetros a serem adotados nos condomínios, que podem ser incorporadas como condicionantes no processo de licenciamento ambiental em questão.

Frisa-se que as tecnologias foram selecionadas a partir da sua perspectiva de implantação em condomínios horizontais licenciados pelo Instituto Brasília Ambiental, considerando os principais desafios ambientais verificados nesse tipo de empreendimento no Distrito Federal (consumo energético, consumo e descarte de água, e geração e descarte de resíduos).

5.4 ROADMAP DE TECNOLOGIAS LIMPAS EM CONDOMÍNIOS HORIZONTAIS

A partir das informações recolhidas na etapa prospectiva, pode-se elaborar o *Roadmap* de tecnologias limpas em condomínios horizontais, que segue apresentado na FIGURA 7.

FIGURA 7. Roadmap de tecnologias limpas em condomínios horizontais.



Fonte: Elaborado pela autora.

A TABELA 8 sintetiza as 13 espécies de tecnologias apresentadas no *roadmap*, que são detalhadamente descritas nas subseções a seguir, destacando-se as oportunidades e desafios para sua ampla adesão no mercado.

TABELA 8. Tecnologias limpas selecionadas para o roadmap.

Tecnologia	Descrição
Materiais de mudança de fase (PCM)	Materiais que absorvem e liberam calor durante sua transição de fase (principalmente do estado sólido para o líquido e vice-versa) sob uma temperatura relativamente constante.
Coletores fotovoltaicos térmicos híbridos (PVT)	Células fotovoltaicas são colocadas em um trocador de calor que extrai o calor para fins úteis, combinando com isso a produção de calor e eletricidade a partir da energia solar.
Sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC)	Sistemas para controle térmico dos ambientes internos de uma edificação.
Janelas de alta eficiência	Janelas compostas por painéis duplos ou triplos, preenchidos com gás denso e vidros de baixa emissividade, para isolar os efeitos da condutância térmica.
Chaminé solar	Mecanismo de ventilação passivo acionado com a mudança de pressão obtido pelo ciclo convectivo do ar, onde o ar quente, mais leve, sobe e arrasta o ar frio, mais pesado, criando um movimento de ar no interior da casa.

Fachadas e telhados verdes	Uso de vegetação em telhados e fachadas para redução das necessidades de resfriamento da construção.
Superfícies refletivas	Materiais refletivos que ajudam a reduzir a temperatura diária da superfície de um pavimento com a reflexão da radiação solar.
Painéis fotobiorreatores de microalgas	Painéis envidraçados, preenchidos com algas na água, que geram biomassa e energia solar térmica.
Pavimentos permeáveis	Pavimentos projetados para permitir que a água pluvial escoe para as subcamadas e desça para o solo.
Tratamento e reuso de águas cinzas	Tecnologias para tratamento das águas cinzas antes da sua reutilização ou disposição final.
Sistemas de coleta de água da chuva	Captação, armazenamento, tratamento e distribuição das águas pluviais de telhados, terraços e superfícies impermeáveis a serem utilizadas no local.
Manufatura aditiva (impressora 3D)	Processo de fabricação de objetos usando o método de deposição de um material, camada sobre camada.
Construção em contêiner marítimo	Reaproveitamento de contêineres marítimos para fins de construção de residências.

Fonte: Elaborado pela autora.

5.4.1 Categoria Energia

O aumento do preço dos combustíveis fósseis, a redução da sua disponibilidade e a necessidade de diminuir as emissões de carbono evidenciam a necessidade de tecnologias mais racionais e energeticamente eficientes. As mudanças climáticas observadas em todo o Planeta preveem aumentos de temperatura consideráveis até 2080. Globalmente, a energia consumida para aquecimento e resfriamento de ambientes chega a 40% e 61% da demanda total de energia em edifícios comerciais e residenciais, respectivamente (AL-YASIRI; SZABÓ, 2021). A energia consumida nos sistemas de ar condicionado em todo o mundo produz cerca de seis milhões de toneladas de emissões de CO² por ano (FARJAMI; MOHAMEDALI, 2017).

Com efeito, novas abordagens para os sistemas aquecimento, ventilação e ar condicionado, usando tecnologias de baixo carbono e estratégias passivas, são essenciais para reduzir o uso global de energia e as emissões de gases de efeito estufa, mitigar as mudanças climáticas e manter o ambiente interno satisfeito (MA; REN; LIN, 2019).

Soluções de energia renovável e equipamentos energeticamente mais eficientes vêm sendo incorporados na indústria da construção civil, visando ampliar as funções tradicionais dos seus elementos construtivos, como, por exemplo, as paredes, que podem adquirir capacidade de armazenar, transmitir e irradiar calor entre

interior e exterior, além de servirem para distribuição das cargas estruturais (FARJAMI; MOHAMEDALI, 2017; FORZANO *et al.*, 2019).

Diferentes soluções são recomendadas para minimizar o consumo de energia. Em climas quentes, podem ser aplicados materiais refletivos de baixo custo para paredes e telhados, sombreamento interno e externo e uso de revestimento de baixa emissividade para janelas. Já em climas frios, o uso de fontes passivas de aquecimento, janelas avançadas e sistemas de envidraçamento são mais adequados (AL-YASIRI; SZABÓ, 2021).

A seguir, apresentam-se as oito tecnologias selecionadas para a categoria 'energia'.

5.4.1.1 *Materiais de mudança de fase*

Uma das abordagens para melhorar a eficiência energética das construções é a aplicação de tecnologias inteligentes como os materiais de mudança de fase, em inglês *phase change materials* (PCM). Os PCMs são materiais que sofrem um processo de mudança de fase, reorganizando sua microestrutura e causando a liberação ou armazenamento de calor (AL-YASIRI; SZABÓ, 2021; MA; REN; LIN, 2019; SAJJADIAN; LEWIS; SHARPLES, 2015).

A atuação destes materiais funciona na regulação da temperatura interna de edificações, diminuindo as temperaturas máximas e aumentando as temperaturas mínimas, com o deslocamento dos picos de consumo para horários de menor procura e conseqüentemente, com menor taxaço da energia (KOEDEL *et al.*, 2015). Os PCMs são capazes de absorver e liberar uma grande quantidade de calor latente durante a transição de fase, ocorrendo em uma estreita faixa de temperatura. Então, ao incorporar um PCM na fachada de um edifício ou casa, por exemplo, é possível aumentar a sua inércia térmica (FORZANO *et al.*, 2019).

A energia térmica latente absorvida pelo PCM na fusão (e liberada na solidificação) é muito maior por unidade de massa do material do que a energia térmica específica absorvida (ou liberada) pelo material que sofre mudanças de temperatura. Isso significa que uma forma de inércia programável pode ser alcançada

controlando a temperatura de fusão/solidificação e a quantidade de PCM usada na estrutura construída (AL-YASIRI; SZABÓ, 2021; SAJJADIAN; LEWIS; SHARPLES, 2015).

A implementação do PCM como sistema passivo, com o calor armazenado no PCM e liberado naturalmente, tornou-se uma forma de fornecer inércia térmica à edificação a uma temperatura específica (CABEZA *et al.*, 2020). No entanto, sobretudo em clima quente ou quando a diferença entre as temperaturas diurna e noturna não é suficiente para completar o ciclo de fusão/solidificação do PCM, pode ser necessário implementar um sistema alternativo de resfriamento do PCM (cenário ativo), por meio de bombas, ventiladores e sopradores com uso de fluidos de transferência de calor, como a água, que ajudaram a descarregar o calor acumulado no PCM e solidificá-lo para o ciclo seguinte (AL-YASIRI; SZABÓ, 2021).

Os PCMs são usados para diferentes propósitos, incluindo redução e deslocamento da carga térmica, redução da carga de resfriamento/aquecimento, conforto térmico, controle da temperatura do material de construção e aumento da durabilidade, eficiência e economia de energia da construção (AL-YASIRI; SZABÓ, 2021). O potencial de economia de energia dos PCMs integrados aos elementos de 'envelopamento' das edificações - paredes, piso, telhado e janelas - varia entre 5-25% das necessidades anuais de refrigeração e aquecimento em função do clima e do uso do edifício (FORZANO *et al.*, 2019).

Os PCMs têm sido frequentemente usados para reduzir o consumo de energia dos sistemas aquecimento, ventilação e ar condicionado, principalmente por meio de deslocamento de carga e redução de carga. O uso de PCMs também pode facilitar a aplicação de sistemas de aquecimento e/ou refrigeração renováveis, resolvendo o descompasso entre a demanda de energia e a geração de energia solar térmica, o que poderia reduzir ainda mais o consumo de energia dos sistemas de climatização ou até mesmo tirar o ar condicionado da rede (MA; REN; LIN, 2019).

Muitas pesquisas nesta área ainda estão em andamento, considerando novos tipos de PCM e aplicação com diferentes técnicas para alcançar um comportamento térmico ideal e com melhor desempenho. A literatura tem muitas técnicas práticas para incorporar PCMs em elementos de construção. O PCM geralmente é incluído durante o processo de construção ou adicionado como uma camada separada dentro da estrutura do edifício. PCMs de diferentes tipos, métodos, quantidades e

características operacionais foram aplicados em diferentes elementos construtivos, como telhados, paredes externas, pisos e janelas, apresentando melhorias espetaculares (AL-YASIRI; SZABÓ, 2021).

O PCM pode ser efetivamente integrado em elementos estruturais e não estruturais, razão pela qual vários estudos e casos dizem respeito à sua aplicação em paredes, tetos, telhados, janelas (CABEZA *et al.*, 2020). As condições climáticas devem ser consideradas e estudadas adequadamente ao selecionar o tipo de PCM, especialmente para locais de clima variável. Da mesma forma, o projeto e a implementação devem ser realizados com cautela para evitar segregação e subsfriamento, representando problemas significativos que restringem a aplicabilidade da tecnologia PCM.

Forzano *et. al* (2019), ao analisar os resultados energéticos globais do estudo de caso, reportados em termos de necessidades elétricas, observaram que as necessidades energéticas mais baixas são alcançadas integrando PCM às paredes nascente e poente e na cobertura da edificação, mas alertam que o uso de PCMs dependem muito do uso da edificação (ou seja, ganhos internos) e das condições climáticas (ou seja, solicitação externa).

Al-Vasiri e Szabó (2021) destacam que a aplicação do PCM é uma abordagem revolucionária para aumentar a massa térmica da estrutura das edificações, resultando em melhoria no desempenho energético e conforto térmico da construção, sobretudo naquelas que sofrem superaquecimento durante o verão.

A mistura de PCM com o concreto e as argamassas tem mostrado alto potencial na regulação e controle do conforto térmico interno e economia de energia para aplicações de aquecimento e resfriamento. No entanto, este método sofre várias limitações como risco de incêndio, baixa resistência mecânica dos materiais misturados e baixa condutividade térmica do PCM devido aos materiais poliméricos usados para microencapsulação do PCM (técnica predominante usada nesta abordagem) (AL-YASIRI; SZABÓ, 2021).

Estudos sobre a mistura de PCM (pó à base de estrôncio) e concreto mostraram que o calor através do concreto foi reduzido em 15% a 21%, juntamente com uma ligeira redução em sua carga e resistência à compressão. Além disso, os resultados revelaram que a adição de PCM à mistura de concreto diminuiu

notavelmente as tensões térmicas e fissuras. Portanto, as inclusões de PCM podem ser vistas como uma maneira promissora de produzir concretos leves com massa térmica aprimorada, melhorando o desempenho mecânico e térmico das estruturas de uma construção (AL-YASIRI; SZABÓ, 2021; CABEZA *et al.*, 2020).

O PCM na base da argamassa também obteve uma melhoria considerável em termos de conforto térmico e economia de energia. Estudos de PCM microencapsulado incorporado à argamassa aplicada nas paredes mostraram uma redução de 3°C na temperatura interna em comparação com a amostra de argamassa de cimento puro. O estudo também concluiu que a camada de PCM-argamassa adicionada às paredes foi uma boa opção no período de verão, pois reduz a transferência de calor que entra na edificação e desloca as cargas de pico de resfriamento para as horas tardias do dia (AL-YASIRI; SZABÓ, 2021).

Folhas, placas ou camadas de PCM macroencapsulado podem ser instaladas como camada adicional na estrutura construída e ativadas passiva ou ativamente. A principal vantagem deste método é que uma grande quantidade de PCM pode estar contida nos elementos de construção sem influenciar suas propriedades mecânicas (AL-YASIRI; SZABÓ, 2021). Zhang *et al.* (2020 apud AL-YASIRI; SZABÓ, 2021) investigou a associação de folhas de PCM com tintas frias no telhado, concluindo que essa combinação reduziu a carga de resfriamento da sala testada em 6,6°C, além de diminuir o calor que entrou na sala em 52,9%.

Como desvantagens do PCM, destaca-se a falta de padronização por parte dos fabricantes, que pode limitar a utilização da tecnologia, bem como a escassez de informações sobre a viabilidade econômica da sua aplicação. De forma geral, as pesquisas mostram redução no consumo geral de energia, entretanto não informam sobre o retorno do investimento ou acerca do seu uso a longo prazo (OLIVEIRA; LUCARELLI; CARLO, 2022).

5.4.1.2 Coletores fotovoltaicos térmicos híbridos

Dentre as alternativas de abastecimento e soluções tecnológicas baseadas em energias renováveis, sistemas híbridos de aquecimento e geração de energia solar estão entre as tecnologias mais promissoras (TULUS *et al.*, 2016). A energia solar

térmica apresenta um grande potencial de aplicação no setor residencial-comercial, tanto em pequenas aplicações (casas individuais) quanto em grandes instalações (moradias multifamiliares, bairros residenciais, hospitais, prédios comerciais, escritórios, etc.) (RALUY *et al.*, 2021).

A utilização de sistemas que combinam coletores solares térmicos com a tecnologia de armazenamento de energia térmica sazonal permite alinhar a maior oferta de radiação solar durante o verão, com a maior procura energética para aquecimento dos espaços no inverno, sendo viável atingir frações solares (até superiores a 50%) da demanda combinada de aquecimento do ambiente e da água nas residências (RALUY *et al.*, 2021).

Os coletores fotovoltaicos térmicos híbridos (*photovoltaic thermal hybrid - PVT*) são uma forma muito eficiente de utilizar a energia solar. São painéis formados com uma combinação de módulos fotovoltaicos e coletores solares térmicos. Em outras palavras, o módulo fotovoltaico é usado como parte de um absorvedor de calor. A maior parte da radiação solar absorvida pelo módulo fotovoltaico não é convertida em eletricidade, mas sim em energia térmica, aumentando assim a sua temperatura (KOSTIĆ; ALEKSIĆ, 2020).

Uma quantidade significativa de pesquisa e desenvolvimento da tecnologia PVT foi realizada nos últimos 45 anos (KOSTIĆ; ALEKSIĆ, 2020). As pesquisas atuais nesta área abrangem vários tópicos, desde novos projetos de coletores até o uso da tecnologia em combinação com outros sistemas de energia. Entre outros, esforços significativos de pesquisa concentram-se na combinação de PVT com bombas de calor, especialmente para uso em aquecimento e resfriamento de ambientes (PARDO GARCÍA *et al.*, 2017).

Em um coletor PVT, as células fotovoltaicas são colocadas em um trocador de calor que extrai o calor para fins úteis, combinando com isso a produção de calor e eletricidade a partir da energia solar. As unidades PVT podem ser instaladas da mesma forma que os coletores solares térmicos, destacando-se que a elevada eficiência energética total do sistema implica numa utilização ótima do espaço do telhado. Painéis fotovoltaicos e coletores solares térmicos instalados separadamente competem pelo espaço do telhado e juntos precisam ocupar uma área maior para a mesma quantidade de calor e energia produzida por um sistema PVT.

Diferentes abordagens estão envolvidas na integração de módulos fotovoltaicos e coletores solares térmicos em um coletor PVT como um todo, tendo em vista que a forma de integração afeta significativamente o funcionamento do sistema híbrido e sua eficiência (KOSTIĆ; ALEKSIĆ, 2020).

O desempenho elétrico versus térmico de um sistema PVT tem um equilíbrio delicado. O desempenho das células fotovoltaicas diminui com o aumento da temperatura; as células de silício cristalino que dominam o mercado fotovoltaico têm um coeficiente de temperatura tipicamente em torno de 0,5% (para cada grau acima de 25°C, a potência de saída da célula é reduzida em 0,5%). Operar a 45°C, por exemplo, implica uma queda de desempenho de 10% em relação ao valor nominal (PARDO GARCÍA *et al.*, 2017).

Isso implica que em muitas aplicações o desempenho elétrico do sistema PVT é menor do que um painel fotovoltaico resfriado naturalmente. No entanto, este comprometimento no desempenho elétrico faz com que uma quantidade muito maior de energia térmica útil esteja disponível para usos como aquecimento da água para banho e piscina e do ambiente, aumentando com isso a eficiência energética global do sistema solar.

Ao projetar um coletor PVT, é muito importante escolher o tipo correto de módulo fotovoltaico que será integrado ao coletor híbrido, pois os materiais da célula solar determinam a eficiência de absorção, a sensibilidade espectral da célula solar como sua eficiência de conversão. Alta eficiência elétrica é necessária na maioria dos casos de aplicação de coletores PVT, pois esses sistemas geram energia térmica muito superior à energia elétrica (KOSTIĆ; ALEKSIĆ, 2020).

O método de integração adequado para combinar absorvedores térmicos e módulos fotovoltaicos é muito importante porque influencia diretamente na eficiência térmica de um módulo PVT, devido à resistência térmica entre os módulos fotovoltaicos e o absorvedor térmico. Comparado aos métodos convencionais, como contato direto, adesivo térmico e fixação mecânica, pesquisas recentes indicam as vantagens do método de laminação baseado em EVA (*ethylene-vinyl acetate*). De qualquer forma, mais pesquisas e resultados são esperados nesta parte do desenvolvimento de coletores PVT (KOSTIĆ; ALEKSIĆ, 2020).

5.4.1.3 Sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado

Ao longo das últimas décadas, inúmeras inovações foram feitas no desenvolvimento de tecnologias inovadoras de sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (em inglês, *heating, ventilation and air conditioning technologies* - HVAC). As bombas de calor têm sido amplamente utilizadas para aquecimento e arrefecimento das construções residenciais, demonstrando boa robustez no controle do conforto térmico, elevada eficiência energética e facilidade de implementação e manutenção (MA; REN; LIN, 2019).

As tecnologias de resfriamento radiativo noturno, por exemplo, utilizam a perda de calor através da radiação de ondas longas para o céu para fornecer resfriamento. Estas tecnologias têm atraído cada vez mais interesse, pois requer energia desprezível quando comparada aos sistemas convencionais de compressão de vapor. Várias aplicações foram apresentadas na competição Solar Decathlon Europe 2012 e Solar Decathlon US 2015, com a coleta da água de chuva e sua dispersão no painel fotovoltaico durante a noite para resfriar a água através da perda de calor para o céu. A água da chuva resfriada foi então usada para resfriar o ambiente (MA; REN; LIN, 2019).

O resfriamento de água por meio do efeito de resfriamento radiativo noturno também pode ser alcançado anexando um trocador de calor na parte de trás de uma superfície que foi resfriada pela perda de calor para o céu. Nas competições Solar Decathlon Europe 2010, 2012, 2013 e 2014 foram desenvolvidos sistemas de resfriamento radioativo noturno à base de água que consistiam em células fotovoltaicas cobertas e apoiadas por tubos de vidro e água com placas absorvedoras presas à parte inferior do vidro, que fornecia água gelada para resfriar o teto, piso e um tanque dissipador de calor (MA; REN; LIN, 2019).

O resfriamento radiativo noturno por si só pode não ser capaz de manter o conforto térmico interno, mas pode ser usado para ajudar a melhorar o desempenho dos sistemas HVAC. O resfriamento radiativo noturno pode fornecer resfriamento quase gratuito durante a noite com consumo de energia minimizado (MA; REN; LIN, 2019).

O controle dos sistemas de climatização é outra questão crítica para garantir que os sistemas de climatização sejam operados com eficiência energética e custo-benefício. Modelos matemáticos podem ser desenvolvidos para prever a radiação solar e o desempenho dos painéis fotovoltaicos, bem como para determinar a carga de aquecimento e resfriamento, temperatura do ar interno e consumo e geração líquida geral de eletricidade da residência. Com base nos resultados da modelagem, a sequência dos eventos que consomem ou geram quantidades significativas de energia, água e outros recursos pode ser otimizada pela estratégia de controle, a fim de maximizar a sustentabilidade e a eficiência energética da edificação (MA; REN; LIN, 2019).

5.4.1.4 Janelas de alta eficiência

As janelas estão entre as cinco tecnologias mais importantes que impactam o uso de energia em estruturas construídas (KOEDEL *et al.*, 2015). As janelas não servem apenas para deixar entrar luz e ar, mas também são fundamentais para controlar a radiação e a condução resultantes dessa luz e do ar, respectivamente.

As janelas de alta eficiência, em inglês *high efficiency windows* (HEW), são definidas como janelas com aprimoramento de eficiência térmica, compostas por painéis duplos ou triplos, preenchidos com gás denso (normalmente argônio), e vidros de baixa emissividade, portanto, com propriedades que isolam os efeitos da condutância térmica (KOEDEL *et al.*, 2015).

Casas maiores e mais caras têm mais janelas, possivelmente janelas maiores, o que significa que a eficiência energética das janelas se torna mais importante do que em residências menores e mais acessíveis (KOEDEL *et al.*, 2015).

5.4.1.5 Chaminé solar

Uma das principais estratégias de resfriamento passivo de edificações é a ventilação natural, que pode ocorrer tanto por ação dos ventos como por efeito chaminé. Com a energia proveniente da radiação solar no telhado, a chaminé solar

aquece o ar e induz o efeito ‘chaminé’ usando a mudança na pressão induzida pelas diferenças de temperatura entre a entrada e a saída do ar. Enquanto a chaminé aquece no telhado, o ar frio de baixo da casa é puxado para cima, através de aberturas no piso. O ar frio aquece e sobe lentamente até atingir o topo da chaminé, substituindo constantemente o ar mais quente no interior da construção. Assim, a chaminé solar ventila e resfria passivamente a construção, podendo diminuir em até 8% a quantidade de energia requerida pelo sistema de resfriamento mecânico (CORNARO *et al.*, 2017).

5.4.1.6 Fachadas e telhados verdes

Apesar de não ser uma técnica inovadora (as primeiras tentativas de quantificar os benefícios energéticos ocorreram na década de 60²), o ‘esverdeamento’ de fachadas e telhados de construções com uso de vegetação é uma tendência crescente e alguns países apresentam uma aceitação notável desta “tecnologia”. Segundo Pacheco-Torgal (2014), a Alemanha tem quase 100 milhões de m² de telhados verdes, e a cidade-estado de Cingapura pretende atingir 0,75 ha de telhados verdes por 1.000 habitantes.

Tanto os telhados como as fachadas verdes podem contribuir para a redução das necessidades de refrigeração da construção. No entanto, uma maior eficácia de resfriamento ocorre com telhados verdes (KOYAMA *et al.*, 2013, apud PACHECO-TORGAL, 2014).

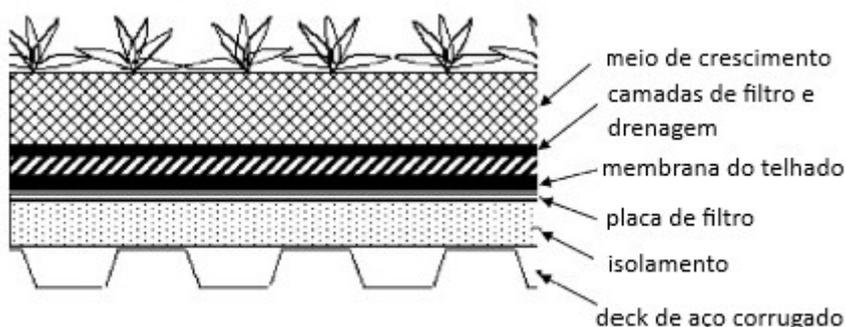
Ascione *et al.* (2013, apud PACHECO-TORGAL, 2014) analisaram o desempenho econômico de cinco telhados verdes para diferentes climas europeus, afirmando que os telhados verdes não são vantajosos para edifícios bem isolados localizados em climas quentes. Esses autores também mencionam que a quantidade de irrigação necessária é um ponto-chave para alcançar benefícios. O uso de um sistema de irrigação de água artificial pode anular os benefícios financeiros dos telhados verdes. No entanto, é importante destacar que esta análise não contempla

² ASCIONE, Fabrizio *et al.* Telhados verdes em climas europeus. São soluções eficazes para a economia de energia em climatização? *Energia Aplicada*, v. 104, p. 845-859, 2013.

as vantagens econômicas relacionadas à mitigação dos efeitos das ilhas de calor urbanas ou mesmo à redução da poluição urbana.

A FIGURA 8 mostra a seção transversal típica de um telhado verde.

FIGURA 8. Seção transversal típica de um telhado verde.



Fonte: Adaptado de Pacheco-Torgal, 2014.

5.4.1.7 Superfícies refletivas

Para mitigar as necessidades de refrigeração das edificações, diversos materiais e tecnologias ecoeficientes vêm sendo desenvolvidos. Uma das tendências tecnológicas é o aproveitamento das superfícies construtivas com a utilização de materiais refletivos, que possam reduzir a temperatura diária da superfície de um pavimento com a reflexão da radiação solar.

Dentre os materiais refletivos, Pacheco-Torgal (2014) destaca os seguintes:

- i) Uso de tintas brancas de alta refletividade colocadas na superfície de telhas de concreto;
- ii) Uso de tintas coloridas reflexivas infravermelhas colocadas na superfície de telhas de concreto ou em pavimentos asfálticos;
- iii) Uso de tinta refletora de calor para cobrir agregados do asfalto;
- iv) Uso de tintas que mudam de cor (cores termocrômicas) aplicadas na superfície de pavimentos de concreto;
- v) Uso de cinzas volantes e escórias como constituintes do concreto (utilizados como substituto do cimento na mistura).

5.4.1.8 Painéis fotobiorreatores de microalgas

A construção de um sistema integrado de cultura de microalgas surgiu como uma solução de última geração para uma arquitetura energeticamente eficiente. Entretanto, a inclusão do biorreator de microalgas na edificação é uma tecnologia emergente que ainda está em sua infância em termos de estudos de pesquisa e construção (TALAEI; MAHDAVINEJAD, 2019).

As fachadas das edificações têm um papel importante no que diz respeito ao desempenho energético. Os painéis envidraçados fotobiorreatores, conhecidos em inglês como *Algae Building Technology* (ABT), da altura dos andares e preenchidos com algas na água, geram biomassa e energia solar térmica. As algas, dependendo da espécie utilizada, crescem em taxas variadas, dependendo da temperatura e da quantidade de exposição à luz UV. O primeiro edifício alimentado energeticamente por algas foi inaugurado em 2013, batizado como o BIQ House (FIGURA 9), em Hamburgo/Alemanha (WILKINSON; BILORIA; RALPH, 2020).

FIGURA 9. Fachada da BIQ House com algas bioadaptativas para produção de energia sustentável.



Fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/01-110954/e-concluido-em-hamburgo-o-primeiro-edificio-do-mundo-alimentado-energeticamente-por-algas>

Os painéis fotobiorreatores são altamente eficientes para o crescimento de algas e são projetados para exigir o mínimo de manutenção. Possuem quatro camadas de vidro: um par de unidades de vidro duplo criando uma cavidade,

preenchida com gás argônio para minimizar a perda de calor. A biomassa e o calor gerados são transportados para um centro de gerenciamento de energia no local, onde a biomassa é colhida e o calor é recuperado por um trocador de calor (WILKINSON; BILORIA; RALPH, 2020).

O calor produzido pela energia solar térmica tem 38% de eficiência em comparação com 60-65% em fontes solares térmicas convencionais, e a biomassa tem 10% de eficiência em comparação com 12-15% com instalação fotovoltaica convencional (BUILD UP, 2015). Portanto, essa tecnologia ainda não é tão eficaz quanto outras renováveis, como a solar.

As novas tecnologias, quando comparadas às tecnologias estabelecidas, são caras porque as economias de escala ainda não foram alcançadas. Com as algas, há temores quanto a odores, contaminação e vazamentos, pois algumas espécies contêm hepatotoxinas e neurotoxinas, que são prejudiciais aos humanos (Bell e Codd, 1994, apud WILKINSON; BILORIA; RALPH, 2020).

Considerando o estágio inicial de desenvolvimento desta tecnologia, com poucos projetos recém-construídos, é essencial considerar e estudar os possíveis desafios relacionados aos biopainéis integrados às fachadas dos edifícios.

5.4.2 Categoria Água

Com o contínuo processo de urbanização, vários impactos vêm sendo causados no ciclo da água, como o aumento do escoamento e a antecipação dos picos de vazão, a redução da evapotranspiração e do abastecimento de água subterrânea e a deterioração da qualidade das águas superficiais. Além disso, a preocupação com a escassez de água é alvo de estudos em todo o mundo, principalmente em regiões que já sofrem com a falta de água, além dos vazamentos dos sistemas de tubulação nas cidades, que no Brasil está próximo a 40% (TESTON *et al.*, 2018).

Nessa perspectiva, a indústria da água vem buscando alternativas para o planejamento sustentável dos serviços prestados. Entre tais alternativas está o uso de medidores inteligentes, aumento e manutenção de áreas permeáveis e o uso de

sistemas descentralizados de água, como os sistemas de captação de águas pluviais (TESTON *et al.*, 2018).

Adicionalmente, têm se investido em tecnologias que melhoram a segurança hídrica, com a redução do uso de água e a minimização de águas residuais. A segurança hídrica pode ser descrita como a proteção das sociedades humanas contra os impactos negativos da escassez e excesso de água, pois a água é preciosa para a vida e o desenvolvimento humano. Nas últimas décadas, as mudanças climáticas impactaram a disponibilidade de água doce e subterrânea, o que afetou a segurança hídrica. Cada vez mais, a gestão sustentável das águas pluviais exige a incorporação de outros aspectos vitais na gestão da água urbana, como a qualidade do escoamento, amenidade visual, valor recreativo, proteção ecológica e usos múltiplos da água (ZABIDI *et al.*, 2020).

A seguir, apresentam-se os três tipos de tecnologias selecionados para a categoria 'água'.

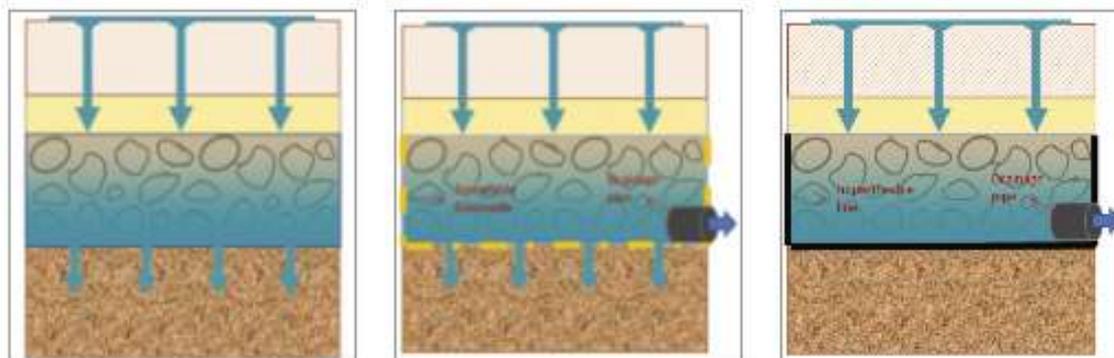
5.4.2.1 Pavimentos permeáveis

Os pavimentos permeáveis são aqueles projetados para permitir que a água pluvial escoe para as subcamadas e desça para o solo. Em caso de chuva, a água pode se infiltrar rapidamente pela estrutura do pavimento no subsolo, o que conseqüentemente reduz a pressão do sistema de drenagem urbana e facilita o abastecimento de água do ciclo natural. Eles também podem incluir enchimentos de retenção de água para armazenar água, de modo que a evaporação possa ajudar a diminuir a temperatura da superfície (PACHECO-TORGAL, 2014).

Os pavimentos permeáveis podem recuperar o ciclo hidrológico natural e aliviar o risco de inundação urbana e o efeito de ilha de calor urbano. Em geral, os pavimentos permeáveis são implementados usando materiais porosos com grandes vazios (FIGURA 10) para permitir que a água da chuva escoe diretamente pela superfície do pavimento (SUN *et al.*, 2018).

FIGURA 10. Seções típicas de pavimento permeável: (a) pavimento totalmente permeável, onde a água pode se infiltrar no subleito; (b) pavimento semipermeável, com alguma infiltração de água para o

subleito, sendo a maior parte armazenada na estrutura do pavimento; (c) pavimento permeável sem infiltração de água no subleito, mas armazenado nas estruturas do pavimento.



Fonte: Adaptado de Sun et al. (2018).

Pacheco-Torgal (2014) destaca as seguintes tendências tecnológicas na área de pavimentos permeáveis:

- i) Uso de cargas de retenção de água feitas de subprodutos de aço como aditivo para asfalto poroso;
- ii) Uso de pó fino de alto-forno em asfalto retentor de água;
- iii) Uso de argamassa permeável de textura fina como aditivo ao concreto permeável;
- iv) Uso de cinzas de fundo e turfa como aditivos em concreto permeável;
- v) Uso de cinzas volantes com distribuição de tamanho de partícula muito estreita em tijolos;
- vi) Aproveitamento de resíduos industriais como matéria-prima para revestimentos cerâmicos.

Outros pavimentos permeáveis não convencionais incluem pavimentos permeáveis com vegetação, como pavimentadoras de grama e pavimentadoras de grade de concreto, que usam treliças de plástico, metal ou concreto para suporte e permitem que grama ou outra vegetação cresça nos interstícios (LI et al., 2103, apud PACHECO-TORGAL, 2014).

Pode-se concluir a partir da literatura de pavimentos permeáveis urbanos, incluindo características hidráulicas e outros desempenhos funcionais, que o uso de pavimento permeável é promissor e viável para resolver o problema de alagamentos urbanos e eliminar o efeito de ilha de calor urbano. No entanto, essas pesquisas são em sua maioria baseadas na análise fenomenológica em nível macroscópico. Os desempenhos microscópicos como permeação da água interna, armazenamento e

evaporação, distribuição de poluentes, armazenamento e migração não são claros, o que dificulta o entendimento dos mecanismos de degradação. Como resultado, uma investigação sistemática do sistema de pavimentos permeáveis deve ser realizada em múltiplas escalas espaciais (SUN *et al.*, 2018).

5.4.2.2 Tecnologias para tratamento e reuso de águas cinzas

O reuso de água pode contribuir para reduzir as pressões sobre os recursos hídricos, como uma importante abordagem e prática, reduzindo a demanda por água potável para fins que não requerem água de alta qualidade. Águas cinzas são aquelas que já foram utilizadas previamente para lavar ou tomar banho e que podem ser recicladas para outros usos, como limpeza doméstica, descarga de vasos sanitários, lavagem de veículos, irrigação de jardins, etc. (ELHEGAZY; EID, 2020).

As águas cinzas são consideradas um efluente de alto volume, baixa resistência e alto potencial de reutilização e aplicação. Sua composição é variada e depende do estilo de vida, instalações e condições climáticas (OTENG-PEPRAH; ACHEAMPONG; DEVRIES, 2018).

A água cinza tratada localmente reduz as demandas do sistema de distribuição, reduz o esforço e o custo de construção e minimiza a pegada de carbono relacionada sempre que possível (ELHEGAZY; EID, 2020). Parte da água (não potável) para sanitários, lavagem de carros e rega de jardins pode ser proveniente de águas cinzas coletadas e tratadas em filtros de areia, ou por técnicas de eletrocoagulação (ZHANG, Yinqi *et al.*, 2019). As principais preocupações com a reutilização de águas cinzas têm sido problemas com percepções de saúde pública e tecnologia inadequada para a opção de reutilização (OTENG-PEPRAH; ACHEAMPONG; DEVRIES, 2018).

Geralmente, a água cinza contém altas concentrações de materiais orgânicos facilmente biodegradáveis e alguns constituintes básicos que são em grande parte gerados nas residências. Estes incluem nutrientes como nitratos e todos os seus derivados, fósforo e seus derivados, mas outros incluem compostos orgânicos xenobióticos (XOCs) e micróbios biológicos como coliformes fecais, salmonela e constituintes hidroquímicos gerais. Estudos recentes encontraram produtos

farmacêuticos, de saúde e beleza, aerossóis, pigmentos e metais pesados tóxicos, como Pb, Ni Cd, Cu, Hg e Cr, em concentrações apreciáveis em águas cinzas. A presença desses contaminantes nas águas cinzas é um indicativo do aumento gradual do nível de complexidade na composição das águas cinzas (OTENG-PEPRAH; ACHEAMPONG; DEVRIES, 2018).

O gerenciamento de águas cinzas passa de simples a extremamente complexo quando as estratégias e tecnologias necessárias não estão em vigor ou não são implementadas adequadamente. Sistemas de tratamento têm sido utilizados para reduzir o nível de contaminação das águas cinzas antes da reutilização ou disposição final. Eles são contaminantes específicos e cada um é aplicado ao longo da sequência convencional de tratamento de efluentes (pré-tratamento, tratamento primário, secundário e terciário). Cada um desses sistemas adota um meio físico-químico ou biológico de tratamento (ZHANG, Yinqi *et al.*, 2019).

Os métodos físico-químicos adotam métodos físicos e/ou químicos de tratamento, incluindo filtração, adsorção e osmose reversa, entre outros. Os métodos de tratamento biológico adotam uma combinação de micróbios, luz solar e manipulação de oxigênio; exemplos de tais sistemas incluem filtração, sistemas de lodo ativado, filtros de gotejamento, lagoas de estabilização de resíduos, contadores biológicos rotativos, biorreatores de membrana e muitos outros. Oteng-Peprah, Acheampong e Devries (2018) apresentaram, em um quadro comparativo³, o desempenho de alguns desses sistemas para reuso das águas cinzas.

A filtração envolve a remoção de material particulado que não é removido por processos anteriores. Nos sistemas de filtração, tanto os processos físicos quanto os biológicos removem os sólidos. Os meios de filtragem podem estar na forma de areia, cascalho, seixos, malha fina, casca de pinus, carvão ativado, espuma de poliuretano, casca de coco, serragem grossa, tijolos e muitos outros (OTENG-PEPRAH; ACHEAMPONG; DEVRIES, 2018).

Vários esquemas de tratamento e reutilização de águas cinzas foram implementados em todo o mundo usando sistemas convencionais e híbridos. A maioria destes sistemas foi desenvolvida como medida de intervenção ambiental e

³ Quadro comparativo disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-018-3909-8/tables/4>

desde então está operacional. Oteng-Peprah, Acheampong e Devries (2018) avaliaram alguns exemplos de aplicação bem-sucedida de esquemas de tratamento e reutilização de águas cinzas em alguns países (TABELA 9).

TABELA 9. Estratégias de reutilização de águas cinzas em alguns países.

Localização	Sistema usado	Aplicação
Auroville, Índia	Canaviais e canteiros de irrigação usando banana	Trata águas cinzentas de um dormitório estudantil
Koulikoro, Mali	Filtro de fluxo vertical e jardim de águas cinzas	Trata a água cinza gerada por uma comunidade e a água cinza tratada é utilizada na irrigação subsuperficial de frutas e hortaliças
México	Biorreator e cama de mulch	Trata águas cinzentas para um centro de reabilitação para crianças
Djenne, Mali	Fossa de infiltração	Destinava-se a parar a descarga não regulamentada de águas cinzentas nas ruas. Condições inestéticas cessaram dentro da comunidade porque a água cinza foi descarregada em valas
Gauteng, África do Sul	Jardim da torre	Destinava-se a promover a jardinagem devido à proximidade de água para irrigação e capacitar ainda mais os desempregados com idade avançada. Vegetais folhosos são plantados nos lodos e são adotados por muitas pessoas.
Monteverde, Costa Rica	Zonas húmidas construídas, caniais de fluxo submerso	Destina-se a ser usado para tratar águas cinzentas de residências individuais para evitar a descarga de águas cinzentas no meio ambiente. A água cinza tratada foi usada para irrigar juncos que eram uma planta econômica.
Kuching, Malásia	Filtro anaeróbico, filtro plantado de fluxo horizontal	Uma intervenção para interromper a descarga de efluente de fossa séptica diretamente nos drenos de águas pluviais e posteriormente na água receptora
Billen, Palestina	Filtros anaeróbicos de fluxo ascendente, filtro aeróbico	Destinado a reduzir a frequência de remoção de lodo em uma cidade com escassez de água
Sri Lanka	Filtro anaeróbico, filtro plantado de fluxo vertical	Sistemas de tratamento de águas cinzas em alguns hotéis e escolas selecionados
Katmandu, Nepal	Filtro plantado de fluxo vertical	Uma abordagem local responsiva para resolver problemas de escassez de água no Nepal. As águas cinzas tratadas são reutilizadas para outros fins não potáveis, enquanto o impacto desse sistema leva a uma economia significativa no gasto de água.
Monteverde, Costa Rica	Filtro plantado de fluxo horizontal	Uma intervenção para impedir a descarga aleatória de águas cinzas nas ruas e nos córregos. Isso causou condições desagradáveis. Após a construção deste sistema, as condições melhoraram.
Tufileh, Jordânia	Sistema automatizado de águas cinzas	Otimização e validação de um sistema de reaproveitamento de águas cinzas em hortas caseiras na Jordânia

Fonte: Adaptado de Oteng-Peprah, Acheampong e Devries (2018). Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-018-3909-8/tables/6>.

As tecnologias disponíveis foram desenvolvidas para tratar ou remover poluentes específicos e não oferecem um tratamento completo das águas cinzas. Além disso, os critérios de qualidade diferem para cada tipo de aplicação de reuso, considerando ainda a composição das águas cinzas e as taxas de geração que variam

muito de um ponto para outro. Portanto, é recomendável que os sistemas sejam projetados para direcionar uma opção de reutilização específica, levando em consideração a variabilidade e complexidades regionais.

5.4.2.3 Sistema de coleta de água da chuva

Na arquitetura tradicional recolher a água da chuva em poços ou cisternas nas épocas de chuva e utilizá-la como e quando necessário era uma das soluções mais comuns. A captação de água da chuva que vem sendo utilizada há quase mil anos, aliada à tecnologia moderna, tornou-se um método amplamente utilizado em muitos países ao redor do mundo onde os recursos de água doce são limitados (ŞAHIN; MANIOĞLU, 2019).

Um sistema de coleta de água da chuva (*rainwater harvesting systems* – RWHS) consiste na captação, armazenamento, tratamento e distribuição das águas pluviais de telhados, terraços e superfícies impermeáveis a serem utilizadas no local (SILVA *et al.*, 2022).

A importância dos RWHS repercute triplamente com os efeitos gerados nas redes de água (potável, pluvial e águas residuais) em termos de diminuição da demanda de água na rede de água potável, diminuição do escoamento de águas pluviais e, se combinado com sistemas de reciclagem de águas cinzas, diminuindo a quantidade de efluente gerado pelo uso de água várias vezes antes do descarte (TESTON *et al.*, 2018).

A água pluvial coletada e armazenada pode ser utilizada como fonte principal ou adicional ao sistema principal de abastecimento de água (rede pública, por exemplo). No primeiro caso, os RWHS geralmente são implantados em locais onde há escassez de água, que pode ser utilizada para fins potáveis e não potáveis. No segundo caso, os RWHS são uma alternativa para economizar água potável que pode ser utilizada principalmente para fins não potáveis. Portanto, o uso da água da chuva depende das condições locais de oferta e demanda de água (SILVA *et al.*, 2022).

O potencial de economia de água potável depende da precipitação, área e tipo de superfície para coletar a água da chuva, demanda de água da chuva e

demanda de água potável. Assim, a melhor forma de dimensionar o reservatório de água pluvial é por meio de simulação computacional que leva em consideração a precipitação diária e a demanda diária de água. Teston et al. (2018) recomendam a utilização do programa computacional Netuno, desenvolvido no Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina. O Netuno realiza balanços hídricos diários para estimar o volume de chuva que pode ser aproveitado, o volume de água de chuva disponível no tanque antes do consumo, o volume de água de chuva consumido e indica a capacidade ideal do tanque através de um intervalo pré-determinado entre as capacidades do tanque (m³). Assim, é possível obter o potencial de economia de água potável.

A viabilidade econômica de um sistema de aproveitamento de águas pluviais é um dos fatores determinantes para a implantação desse sistema, sobretudo quando se avalia que os tanques são o componente individual mais caro do sistema, representando 30% dos custos de toda a vida útil. Teston et al. (2018) mostram os *paybacks* encontrados em estudos que avaliam essa viabilidade por meio do retorno do investimento, e concluem que, dentre os fatores que influenciam na viabilidade econômica de um sistema de captação de água de chuva, a demanda por água não potável está diretamente relacionada, pois existe uma tarifa mínima de água cobrada para um volume de 10 m³. Ou seja, mesmo que o consumo de água potável seja inferior a 10 m³, não haverá redução na tarifa cobrada pelo consumo de água. Portanto, em casas onde a água consumo é inferior a este valor, a implantação de um sistema de captação de água da chuva é economicamente inviável. Além da demanda, a tarifa de água cobrada também influencia na viabilidade econômica do sistema. Quanto maior a tarifa, menor o período de retorno.

Os RWHS são considerados como uma das práticas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (em inglês, *Low Impact Development - LID*), que buscam descentralizar o abastecimento de água e tentam imitar os processos hidrológicos naturais (escoamento, infiltração, evaporação). Portanto, os RWHS são uma das medidas propostas para reduzir o fluxo causado pela precipitação em áreas desenvolvidas que correm risco de inundação. Portanto, os RWHS podem ser uma ferramenta para recuperar o ciclo hidrológico natural em áreas urbanas, reduzindo o escoamento (SILVA et al., 2022).

Os RWHS podem ser divididos em duas categorias: sistemas de coleta de telhado (em inglês, *roof harvesting system* - RHS) e sistemas de coleta de lagoa (em inglês, *pond harvesting system* - PHS). A água da chuva captada do RHS é normalmente usada para facilitar as demandas de água potável e não potável. Enquanto isso, o armazenamento para PHS é um reservatório normalmente localizado próximo ao campo de cultivo com a finalidade de potencializar e complementar as irrigações, principalmente durante o período crítico de crescimento da cultura ou para prolongar a estação de cultivo (ZABIDI *et al.*, 2020).

Geralmente, o RWHS consiste em três componentes fundamentais: superfície de captação, sistema de transporte e sistema de armazenamento. O RHS permite a coleta de água da chuva da superfície impermeável de um telhado, enquanto o PHS coleta a água da chuva da superfície do terreno permeável. No RHS, o material utilizado para a superfície de captação do telhado influenciará significativamente a eficácia e a qualidade da água da chuva coletada. É preferível um tipo de telhado liso, limpo e impermeável. Ao contrário do RHS, o PHS precisa de uma bacia onde o escoamento possa ser facilmente capturado, como uma área pública, estradas ou terrenos comuns (ZABIDI *et al.*, 2020).

A função do sistema de transporte no RHS é transferir a água da chuva da captação do telhado para o tanque de armazenamento, que normalmente inclui calhas e tubos de queda. Essas calhas e tubos de queda são geralmente feitos com materiais diferentes, por exemplo, plástico, metal, aço galvanizado, aço inoxidável e fibra de vidro. Por outro lado, o PHS não requer nenhum sistema de transporte, pois o escoamento da área de captação flui para o armazenamento da lagoa usando força gravitacional (ZABIDI *et al.*, 2020).

A qualidade da água da chuva captada e armazenada é influenciada pelo comportamento de fatores individuais, como topografia, clima e fontes de poluição. A água da chuva captada pode ser utilizada como abastecimento de água se o parâmetro de qualidade da água satisfizer o nível aceitável. Portanto, o monitoramento regular é necessário, pois tem potencial para riscos à saúde devido à existência de contaminantes químicos, físicos e microbiológicos (ZABIDI *et al.*, 2020).

Zabidi *et al.* (2020) realizaram ampla pesquisa, baseada na revisão de literatura de estudos de caso desenvolvidos em diversos países, para avaliar a qualidade da água e o tipo de tratamento para o RHS e PHS, e concluíram que a

maioria dos estudos de caso, tanto do RHS quanto do PHS, a qualidade das águas pluviais não atende ao padrão de qualidade da água da Organização Mundial da Saúde (OMS), principalmente os parâmetros biológicos. Os sistemas de armazenamento podem ser potencialmente contaminados por contaminantes biológicos, como *E. coli*, coliformes fecais e enterococos de aves e mamíferos. Outras contaminações também foram encontradas, principalmente metais pesados, como Pb e Zn provenientes do material do telhado e íons nutrientes da atmosfera poluída. Esses níveis geralmente excederam o padrão aceitável de qualidade da água para uso não potável, recreativo e industrial.

Para melhorar a qualidade das águas pluviais, as águas pluviais captadas devem ser tratadas para uso posterior, especialmente para a demanda de água potável. Muitos tratamentos acessíveis foram desenvolvidos e introduzidos para os sistemas RHS e PHS, como o primeiro desviador de água de descarga, cloração, pasteurização, filtragem lenta de areia e desinfecção ultravioleta (ZABIDI *et al.*, 2020).

5.4.3 Categoria Resíduos

O setor da construção é o maior gerador de resíduos para aterros e ao mesmo tempo o grande consumidor de recursos. Estudos anteriores indicam que o percentual médio de desperdício de materiais na construção civil chega a 21% de areia, 20,7% de agregados, 19,6% de tubos de PVC, 19,5% de madeira para cofragem, 8,3% de cimento, 17,1% de bloco de concreto, 17% de armadura de aço, 16,8% de concreto, 15,6% de telha cerâmica e 14,1% de pedras de revestimento (TAFESSE, 2021).

Os resíduos de construção e demolição (em inglês, *construction and demolition waste* - CDW) consistem em uma mistura heterogênea de materiais como concreto, argamassa, agregados minerais, tijolos, telhas, betume, ferrosos, plásticos, madeira e partículas orgânicas leves. Todos os anos, mais de 800 milhões de toneladas de CDW (incluindo solo escavado) são gerados só na União Europeia (GRIGORIADIS *et al.*, 2019).

Para reduzir o volume de CDW e/ou aumentar sua reutilização, reciclagem ou outra forma de recuperação, algumas estratégias inovadoras estão sendo desenvolvidas para promover o uso de materiais derivados de CDW, seja em

aplicações de alta qualidade ou em novos elementos e componentes pré-fabricados, reduzir a quantidade de RDW futuros provenientes da próxima geração de edificações, reduzir a pegada de CO² da indústria da construção e o consumo de recursos naturais (GRIGORIADIS *et al.*, 2019).

A seguir, apresentam-se as duas tecnologias selecionadas para a categoria 'resíduos'.

5.4.3.1 Manufatura aditiva (impressora 3D)

O termo 'manufatura aditiva' refere-se ao processo de fabricação em camadas, com a construção de objetos usando o método de deposição de um material, em oposição às metodologias subtrativas, que envolvem o processo de remoção de uma superfície ou volume específico de material sólido (BABBAR; RAI; SHARMA, 2021; LABONNOTE *et al.*, 2016; NAQESHBANDI; MENDONÇA, 2019). A tecnologia da impressão 3D refere-se aos vários processos usados para sintetizar um objeto tridimensional, a partir de um software dedicado ou pela digitalização de um objeto existente, e produzi-lo fisicamente como uma impressão, fatia a fatia, de acordo com as dimensões do modelo digital (LABONNOTE *et al.*, 2016; TAHMASEBINIA *et al.*, 2018; ZHU *et al.*, 2018).

Identificada como uma das cinco tendências tecnológicas emergentes (PRENTICE, 2014), as impressoras 3D são responsáveis por otimizar os ciclos de design e desenvolvimento, melhorar a comunicação e a colaboração no desenvolvimento dos projetos, aumentar a liberdade arquitetônica dos projetos, aumentar a eficiência econômica, além de representarem uma grande oportunidade para reduzir o desperdício e a geração de resíduos (LABONNOTE *et al.*, 2016; TAHMASEBINIA *et al.*, 2018; ZHANG, Jingchuan *et al.*, 2019).

Desde a década de 1990, muitas organizações vêm experimentando usar o conceito de impressão 3D para construir um projeto em grande escala. Em 2006, Khoshnevis, da University of Southern California, inventou o sistema Contour Crafting⁴ (FIGURA 11), desenvolvendo uma enorme impressora 3D para construir um edifício

⁴ Inventor do Contour Crafting Dr. Khoshnevis: Casas amplamente impressas em 3D em 5 anos, arranha-céus em 10 anos. 3DPrint.com, em 31/03/2015. Disponível em: <https://3dprint.com/53437/contour-crafting-dr-khoshnevis/>

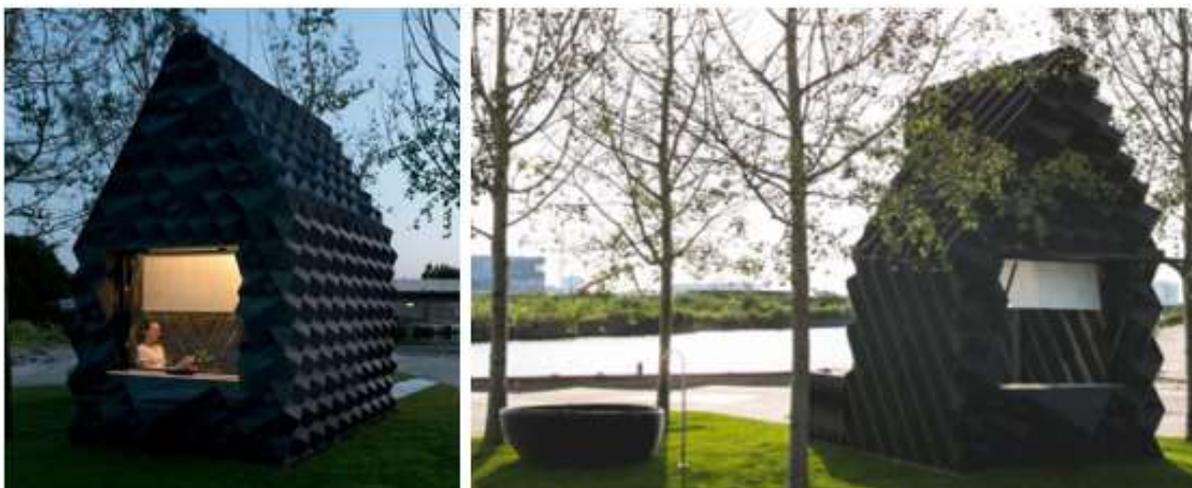
inteiro no local. Em 2014, uma empresa holandesa (DUS Architect⁵) usou bioplástico sustentável para criar a Cabine Urbana (FIGURA 12) com a impressão 3D, para demonstrar como a manufatura aditiva pode oferecer soluções de habitação temporária. No mesmo ano, uma empresa chinesa (WinSun⁶) imprimiu 10 casas em um período de 24 horas (FIGURA 13), usando uma mistura de material de construção reciclado e cimento. Em 2016, outra empresa chinesa (HuaShang Tengda⁷) ergueu uma mansão inteira, com 2 pisos e 400 m² (FIGURA 14), em apenas 45 dias (NAIR et al., 2020).

FIGURA 11. (a) Tecnologia Contour Crafting; (b) Detalhe da impressora 3D



Fonte: <https://3dprint.com/53437/contour-crafting-dr-khoshnevis/>

FIGURA 12. Cabine Urbana criada em 3D para habitações temporárias



Fonte: <https://www.dezeen.com/2016/08/30/dus-architects-3d-printed-micro-home-amsterdam-cabin-bathtub/#>

⁵ DUS Architects constrói micro casa impressa em 3D em Amsterdã. Dezeen.com, em 30/08/2016. Disponível em: <https://www.dezeen.com/2016/08/30/dus-architects-3d-printed-micro-home-amsterdam-cabin-bathtub/>

⁶ A empresa imprime em 3D 10 casas em tamanho real em 1 dia. BBC NEWS, em 25/04/2014. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/blogs-news-from-elsewhere-27156775>

⁷ Empresa chinesa de construção em 3D imprime uma casa inteira de dois andares no local em 45 dias. 3DPrint.com, em 16/06/2016. Disponível em: <https://3dprint.com/138664/huashang-tengda-3d-print-house/>

FIGURA 13. Casas impressas em 3D pela empresa WinSun



Fonte: <https://www.bbc.com/news/blogs-news-from-elsewhere-27156775>

FIGURA 14. Casa impressa em 3D pela empresa HuaShang Tengda



Fonte: <https://3dprint.com/138664/huashang-tengda-3d-print-house/>

Outro exemplo de impressão 3D na construção civil é o Escritório do Futuro (FIGURA 15), concebido para ser a sede da Fundação Dubai Futures. O projeto, impresso em 3D em 2016, é totalmente funcional com eletricidade, água, telecomunicações e sistema de ar condicionado, e reduziu os custos de mão-de-obra de 50% a 80% e os resíduos de construção de 30 a 60%. Outro caso é a Apis Cor House (FIGURA 16), uma casa de 400 metros quadrados construída em apenas 24 horas, em Moscovo, Rússia, ao custo de \$ 10.000, destacando o potencial que a tecnologia de impressão 3D tem para o futuro (SAKIN; KIROGLU, 2017; TAHMASEBINIA *et al.*, 2018).

FIGURA 15. (a) Vista lateral do Escritório do Futuro em Dubai; (b) Vista frontal



Fonte: (SAKIN; KIROGLU, 2017)

FIGURA 16. (a) Vista frontal da Apis Cor House na Rússia; (b) Processo de construção dos contornos da Apis Cor House.



Fonte: (SAKIN; KIROGLU, 2017)

Muitos pesquisadores acreditam que com o uso da tecnologia 3D as emissões globais de CO² serão reduzidas, assim como haverá uma redução de 40% no orçamento total de concreto da edificação com a possibilidade de concluir o projeto antes do prazo (BABBAR; RAI; SHARMA, 2021). Zhu et al. (2018) destacam as seguintes vantagens desta tecnologia na indústria da construção: (1) alto grau de mecanização, com menos tempo de construção e baixo custo; (2) sem a necessidade de cofragem, com menor consumo de recursos; (3) baixa intensidade de trabalho, economizando mão de obra; (4) processo de construção seguro, limpo e preciso; (5) liberdade de design, peso leve, alta resistência e multifuncionalidade; (6) altamente personalizado para alcançar a unificação da padronização e individualização.

Há uma grande variedade de materiais utilizados para a impressão 3D, fornecidos em diferentes estados (pó, filamento, pellets, grânulos, resina, entre outros) (SAKIN; KIROGLU, 2017). E diversas técnicas de manufatura aditiva - por exemplo, extrusão, jateamento, laminação de chapas e fotopolimerização - são usadas para fabricar produtos compostos leves e de grande escala que combinam polímeros e cargas - por exemplo, fibra de carbono, vidro, CNTs (nanotubos de carbono) (TAHMASEBINIA *et al.*, 2018). A pesquisa de Labonnote et al. (2016) apresentou materiais e processos relevantes para a construção aditiva, destacando que o campo de pesquisa da construção aditiva é amplamente dominada pela extrusão de concreto, com a utilização de novos materiais formados por misturas de ligantes e fibras/agregados considerados isotrópicos para grandes volumes, ou metais e plásticos isotrópicos.

A construção de um objeto multimaterial ou heterogêneo por meio de um sistema de manufatura aditiva é relativamente novo, mas estão surgindo conceitos que tornariam tais sistemas mais atrativos e eficientes. Os principais desafios estão

relacionados às variações nas temperaturas de fusão, comportamento de cura e tempos de cura, que devem ser considerados ao combinar diferentes materiais em um único componente. Verificam-se muitas pesquisas em andamento para o desenvolvimento de materiais funcionalmente graduados, que são formados por diferentes tipos de matérias que se interpenetram ao longo de um gradiente controlado, permitindo a criação de uma escala - de duro a macio ou de rígido a flexível - no mesmo formante. (STRAUSS, 2013 apud LABONNOTE *et al.*, 2016).

Além das pesquisas para investigar processos de construção aditiva com materiais não homogêneos, Labonnote *et al.* (2016) identificaram oportunidades futuras para a aplicação da ciência dos materiais na construção aditiva envolvendo materiais inovadores que apresentem uma boa combinação de todas as propriedades essenciais dos materiais. Uma definição de especificações, seguida de otimização, e possivelmente envolvendo análise multiescala, se tornaria então um componente importante da fase de desenvolvimento de materiais de construção sob medida. Os autores apontam, inclusive que essas tendências provavelmente desqualifiquem o padrão atual de concreto extrudado em favor de novos materiais e/ou processos. Um parâmetro como a massa de materiais de construção, entre outros, é um fator importante que torna outros materiais, como os à base de celulose, particularmente promissores (LABONNOTE *et al.*, 2016).

No geral, as vantagens da impressão 3D na construção incluem a deposição camada por camada, que dispensa a necessidade de cofragem, e moldes que levam à redução de resíduos de construção. A colocação altamente precisa significa que os materiais podem ser considerados como materiais mais eficientes para a construção. No entanto, estudos anteriores falharam em introduzir e investigar completamente substitutos para o aço, principalmente do ponto de vista prático (TAHMASEBINIA *et al.*, 2018).

As novas tendências em tecnologias avançadas incentivam produtos feitos de materiais mais ecológicos. O desempenho dos materiais precisa ser eficiente em termos de propriedades mecânicas e capacidades de projeto. Materiais inteligentes têm sido criados para substituir os materiais convencionais, não só para atender as impressoras 3D enquanto máquinas mais avançadas que os atuais equipamentos utilizados na indústria, mas especialmente para aproveitamento das propriedades inteligentes desses materiais que podem trazer benefícios adicionais. Um exemplo disso é a pintura 3D com nanopartículas de óxido de titânio, que não só protegem a

superfície como também reduzem a poluição do ambiente circundante através do comportamento fotocatalítico (NAQESHBANDI; MENDONÇA, 2019).

A impressão 3D muda a estrutura de custos da construção convencional. O custo da construção convencional inclui principalmente mão de obra, materiais e equipamentos. O custo da mão de obra representa mais da metade do custo da construção convencional, o custo do material e o custo do equipamento separadamente representam cerca de 20%. Para o concreto impresso em 3D, por exemplo, o custo do material é aumentado para cerca de metade do custo total, o custo da mão de obra é reduzido para cerca de 35% e o custo do equipamento é de cerca de 20%. O custo do concreto impresso em 3D pode ser menor do que o concreto convencional, porque não há excesso de engenharia nem desperdício de material; ou pode ser mais alto do que o concreto normal, porque usa muitas adições especiais e caras, como nano-argila e aditivos químicos exclusivos. O custo do equipamento ainda é alto, mas quando esta tecnologia atingir sua implementação em larga escala, seu custo será menor do que o da construção tradicional (ZHANG, Jingchuan *et al.*, 2019).

Segundo o relatório elaborado, em 2015, pela Markets and Markets, uma organização que realiza pesquisas sobre oportunidades e ameaças emergentes de alto crescimento que afetarão 70% a 80% das receitas das empresas em todo o mundo, o concreto impresso em 3D deverá ter um crescimento significativo nos próximos anos, uma vez que reduz de 30 a 60% dos resíduos de construção, de 50 a 80% dos custos trabalhistas e de 50 a 70% do tempo de produção (ZHANG, Jingchuan *et al.*, 2019).

Já para Labonnote *et al.* (2016), o uso generalizado da construção aditiva para projetos de habitação geral só se tornará economicamente viável se a própria habitação mudar para se tornar mais otimizada e mais individualizada. Os autores destacam que a construção aditiva pode reduzir a quantidade de trabalho humano e materiais consumidos até certo ponto. Pode, portanto, ser benéfico para projetos em que: i) economias de material seriam significativas, ou ii) trabalho humano seria caro. Nesses casos, a avaliação da relação custo-benefício da construção aditiva deve basear-se no conhecimento da alocação dos custos envolvidos na fase de projeto, consumo de materiais, mão de obra humana para construção e equipamentos.

Noutro giro, importante considerar o potencial da construção aditiva em relação ao desperdício de materiais, que representaria uma importante vantagem sobre os

processos tradicionais de construção à luz dos esforços para mitigar as mudanças climáticas, com ações e investimentos de baixo carbono, resilientes e sustentáveis. Este aspecto ambiental é ainda mais dominante uma vez que o setor da construção é reconhecido por contribuir com até 30% das emissões globais anuais de gases de efeito estufa e consumir até 40% de toda a energia (LABONNOTE *et al.*, 2016).

Outro aspecto relevante para a aplicação das tecnologias de manufatura aditiva existentes na construção civil consiste no desafio de ampliar sua capacidade e dimensionamento para atender ao tamanho dos ‘produtos’ construídos – casas, edifícios, ruas, estradas, pontes, entre outros, pois o tamanho da impressora pode ser um obstáculo para a aplicação em larga escala da construção aditiva (ZHANG, Jingchuan *et al.*, 2019). Diferentes soluções tecnológicas vêm surgindo relacionadas aos aspectos de engenharia estrutural: soluções de pórtico; plataformas suspensas por cabos; enxame de aproximação; robótica; e combinado com dobradura (LABONNOTE *et al.*, 2016).

A solução de pórtico representa simplesmente uma ampliação direta da manufatura aditiva para a construção aditiva – em suma, uma impressora 3D gigante. Uma plataforma suspensa por cabos consiste em um efetuator robótico conectado a uma estrutura externa usando vários cabos. O efetuator é manipulado por motores que podem estender ou retrair os cabos de forma totalmente automatizada. Por outro lado, o enxame de aproximação considera uma abordagem totalmente diferente, rejeitando o uso de um único quadro fixo gigante em favor de vários robôs menores e móveis. Na robótica multifuncional e montagem automatizada, as soluções envolvem o uso de braços robóticos que podem extrudar materiais por si mesmos, ou executar tarefas auxiliares relacionadas à construção, como pintura ou aplicação de azulejos com precisão. Considerando sua maturidade tecnológica e ampla utilização, a robótica poderá gerar novos métodos para unir materiais, potencializando a construção aditiva. Por fim, as tecnologias de dobragem, embora em fase experimental, fornecem um meio de maximizar o que pode ser fabricado aditivamente a partir de uma impressora 3D de tamanho fixo por dobra digital. Portanto, desafiam a definição de construção aditiva em que a estrutura resultante não é mais necessariamente construída como uma pilha de camadas. (LABONNOTE *et al.*, 2016).

O potencial de incorporar utilitários de construção, como aquecedores, instalações elétricas e encanamentos, também tem sido enfatizado em algumas pesquisas (LABONNOTE *et al.*, 2016). Segundo Soar (2006 apud LABONNOTE *et al.*,

2016) o valor agregado da construção aditiva foi amplamente superado pela oportunidade de incorporar aumento da funcionalidade dos materiais. Nesse sentido, Strauss (2013 apud LABONNOTE *et al.*, 2016) previu a construção de fachadas cinéticas de ação automática, que criam automaticamente sombreamento e sistemas de orientação que mudam de cor ou padrão em caso de incêndio.

A chamada “impressão 4D” consiste basicamente em imprimir, em 3D, materiais que podem ser programados para mudarem, posteriormente, a sua forma, cor ou tamanho, a partir de um estímulo externo (TIBBITS, 2019). Campbell *et al.* (2017 apud LABONNOTE *et al.*, 2016) propuseram que ao comandar o objeto a se decompor em partículas ou componentes programáveis, esses materiais podem ser reutilizados para formar novos objetos e desempenhar novas funções, um processo que contribui para a conservação de recursos limitados do nosso planeta. Para Labonnote *et al.* (2016), as aplicações provavelmente se concentrarão na construção de construções resilientes e adaptadas ao meio ambiente que podem se adaptar às variações ambientais, como mudanças no teor de umidade, temperatura, pressão, altitude, iluminação, calor ou som.

Entretanto, as impressoras 3D ainda estão na fase de desenvolvimento. Embora tenham avançado bastante, até o momento não são capazes de imprimir, por exemplo, toda a fiação do prédio. A canalização e o caixilho das janelas são instalados manualmente. Além disso, também carecem de certificação e leis de segurança, pois a tecnologia não é tão comum e os certificados e leis são feitos para atender aos métodos tradicionais de construção (BABBAR; RAI; SHARMA, 2021).

De uma maneira geral, considerando as oportunidades disponíveis para a construção aditiva, os desafios a serem enfrentados para ampliação do uso dessas tecnologias são: i) necessidade de uma mudança de paradigma arquitetônico, com atualização das abordagens dos projetos para as novas capacidades oferecidas pela construção aditiva; ii) necessidade de um processo de design holístico, que promova sinergia e colaboração real entre arquitetos, engenheiros e construtores; iii) necessidade de projetos racionais, que considerem as oportunidades disponíveis e as restrições que regem o projeto, a engenharia estrutural e o método de construção (LABONNOTE *et al.*, 2016).

Em suma, a construção aditiva tem o potencial de revolucionar a indústria da construção. No entanto, a própria indústria, incluindo seus arquitetos, engenheiros e construtores, precisa estar pronta para inovar e pensar de novas maneiras. Feitas

essas adaptações, as necessidades de construção aditiva resultarão no desenvolvimento de novos materiais, projetos mecanicamente e economicamente viáveis, e novos métodos de produção mais racionais e descomplicados.

5.4.3.2 Construção em contêiner marítimo

Os contêineres marítimos são fabricados extremamente rígidos e em conformidade com as especificações para fins de frete. Depois de acabar com o feitiço do frete no mar e na estrada, os contêineres estão ocupando grandes espaços nos portos e outros lugares. O aço do recipiente não é um material em decomposição para se transformar em composto em aterros sanitários. Por outro lado, a reciclagem requer a fusão do contêiner usando forno básico de oxigênio (BOF) e forno elétrico a arco (EAF), que consome grande quantidade de energia e emite gases de efeito estufa. Um contêiner de 3,63 t requer 8.000 kWh de energia elétrica para convertê-los em blocos de aço, já a sua reutilização, como uma residência por exemplo, consome apenas 400 kWh de energia, o que representa apenas 5% da energia necessária para derretê-lo. Além disso, cada tonelada de siderurgia libera aproximadamente 2 t de CO₂ e 40 kg de outras emissões gasosas, que torna menos sustentável a alternativa de reciclagem desse material (ISLAM *et al.*, 2016).

Dentre todos os reaproveitamentos dos contêineres, a tecnologia e as práticas construtivas mais recentes propõem seu uso para fins de construção de residências. Nos últimos 15 anos, diversos projetos com contêineres surgiram na indústria da construção. Casos bem-sucedidos de conversão de contêineres em centros juvenis, salas de aula, abrigos de emergência, escritórios, residências e hotéis estão aumentando em todo o mundo (ISLAM *et al.*, 2016).

A reutilização de contêineres para fins de construção residencial reduz a necessidade da maioria dos novos materiais na construção convencional. É sabido que os contêineres são fabricados em dimensões padrão com algumas propriedades embutidas, o que os torna um excelente componente estrutural modular. O uso recente de contêineres pré-fabricados pode ser um substituto da construção tradicional em madeira, por exemplo (ISLAM *et al.*, 2016).

Apesar de os contêineres serem caixas relativamente finas, não isoladas e acusticamente inferiores, o que poderia significar problemas no conforto térmico e acústico de uma residência, Islam et al. (2016) apontaram que essas características podem ser mitigadas com a aplicação de tecnologias para controle da temperatura e do som do ambiente interno. Há estudos que demonstram a capacidade de construir edifícios, com até nove fileiras de altura de contêineres empilhados, sem comprometer a integridade estrutural (FULLER, 2006, apud ISLAM *et al.*, 2016). Outros benefícios importantes para a reutilização de contêineres na construção são sua uniformidade e modularidade, o que economiza tempo e garante qualidade na padronização dos processos construtivos.

Os contêineres de transporte têm várias dimensões. Para fins de construção de casas, as dimensões mais usadas são 6,0 m e 12,0 m de comprimento, com 2,4 m de largura e 2,7 m de altura. Portanto, a altura desses contêineres está em conformidade com a altura livre mínima do teto (ou seja, 2,4 m) exigida por muitos códigos nacionais para a construção de edifícios residenciais. O contêiner é composto por painéis, em formato de caixa, com paredes superior e inferior, paredes laterais verticais e paredes de extremidade unidas em suas bordas. Os postes de canto são usados para unir as paredes laterais e finais para suportar as cargas. Os contêineres também possuem vigas autoportantes, piso robusto e compensado. São feitos de chapas metálicas para formar as bordas e sua grade para suportar o piso de madeira. Os cantos são peças rígidas para permitir a conexão entre os contêineres. Para proteger a casa, os blocos de canto inferiores geralmente são soldados a placas de aço, entrincheiradas na laje de concreto da fundação (ISLAM *et al.*, 2016).

A remodelação de casas contêineres é feita por meio do corte das chapas de aço para criar aberturas para portas e janelas com base nos requisitos arquitetônicos, e também se substitui o piso de compensado original. Nos últimos anos, já existem portas e janelas isoladas, pintadas e pré-fabricadas especialmente para uso em contêineres (ISLAM *et al.*, 2016).

Muitos autores apontam que os contêineres marítimos são, na verdade, apenas uma armação estrutural, de modo que a construção residencial pode adotar características modulares pré-fabricadas de acordo com os requisitos do cliente, projeto arquitetônico e projeto de engenharia. Pode ser empilhado em mais de oito níveis de altura e tem a capacidade de resistir à corrosão se bem revestido. No

entanto, as diretrizes legislativas para a construção segura de casas de contêineres ainda são inexistentes. A razão pode ser devido ao novo desenvolvimento com propriedades estruturais desconhecidas do contêiner marítimo como material de construção residencial (ISLAM *et al.*, 2016).

Na literatura estão disponíveis variedades de diferentes sistemas construtivos. Os dois tipos de fundações comumente usados em projetos de contêineres são laje de concreto e sapata de concreto. Os pisos de compensado existentes de quase todos os contêineres são tratados com vários pesticidas. Uma barreira física adicional pode ser criada construindo um contrapiso em cima dela. Esta é uma etapa opcional, especialmente criada se for necessária uma barreira física para os produtos químicos de tratamento ou para ultrapassar alguns restos estruturais dos recipientes. O contrapiso pode fornecer um pouco mais de isolamento com uma camada de espuma coberta por outra camada de *oriental strand board* (OSB). Curiosamente, o concreto também pode ser derramado em cima do compensado. Pode até ser o piso acabado com alguns corantes e/ou padrões adicionados (ISLAM *et al.*, 2016).

Embora o contêiner de transporte venha com telhado plano, é possível adicionar outros sistemas de cobertura no topo, como telhados inclinados, convencional de quadril, de treliça ou empena, a depender do estilo, exigência de isolamento e custo. O uso de coberturas extras, além de agregar na estética da edificação, também pode melhorar o isolamento térmico, com o uso de material isolante entre o metal do contêiner e o telhado externo (ISLAM *et al.*, 2016).

Islam *et al.* (2016) apontam a versatilidade de materiais para isolar as superfícies metálicas dos contêineres, tanto interna - como o revestimento cerâmico, que pode ser usado como tinta, adesivo, isolante, ignífugo e barreira acústica, e aplicado conjuntamente com espuma de poliuretano -, quanto externa - com uso de placas de alumínio e poliestireno expandido.

6 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

As questões globais de hoje, como mudanças climáticas, escassez de energia, aumento da poluição ambiental e a rápida urbanização apresentam enormes desafios para o desenvolvimento sustentável. Entre as várias causas desses problemas, a indústria da construção civil tem sido criticada por ser a principal exploradora de uma grande proporção de energia primária e de recursos naturais.

As tecnologias de construção ecológica (*Green Building Technologies* - GBTs) estão ganhando um interesse cada vez maior na indústria da construção em todo o mundo porque a adoção de GBTs é uma forma de aumentar a sustentabilidade das edificações.

Aliás, na busca pela sustentabilidade, o Brasil vem se destacando no ranking de certificações LEED. A sigla de *Leadership in Energy and Environmental Design* (Liderança em Energia e Design Ambiental) é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações utilizado em mais de 160 países, que visa incentivar edificações mais sustentáveis, com a redução no consumo de água, energia, CO² e resíduos. Segundo o U.S. Green Building Council, o Brasil ocupa a 4ª posição entre os países e regiões fora dos Estados Unidos com mais projetos LEED, possuindo 640 empreendimentos certificados (mais de 18,96 milhões m²)⁸.

Nesse contexto, várias iniciativas de implantação de tecnologias limpas em edificações começam a serem visualizadas no Distrito Federal. Até 2021, Brasília possuía 20 projetos (376 mil m²) com certificação LEED nas categorias Certificado, Silver, Gold ou Platinum (GBC BRASIL, 2022). Um desses projetos é o Centro Corporativo Portinari, construído em 2018, que foi o primeiro empreendimento LEED Platinum certificado no Centro Oeste. O edifício “é capaz de economizar, anualmente, 48% no consumo de água e 36% de energia elétrica”, por meio de tecnologias na fachada para reduzir a absorção de calor, placas fotovoltaicas na cobertura para gerar

⁸https://www.gbcbrasil.org.br/como-a-certificacao-leed-pode-impactar-o-mercado-de-construcoes/?gclid=CjwKCAjwx7GYBhB7EiwA0d8oew-g-06U8_xEg5nEgD0-wE9B17kcLfloL9iceWTITW9BABUb9IcPIxoCnyAQAvD_BwE

energia renovável, e uso de “sistemas de descarga a vácuo que usa até 90% menos água que modelos tradicionais”⁹.

Outro exemplo é o projeto LabZero, da Universidade de Brasília, que será edificado no Parque Científico e Tecnológico da UnB (PCTec), por meio de fomento concedido pela Eletrobras para construção de edifícios sustentáveis. O projeto prevê geração própria de energia, sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais, estação de tratamento de águas cinzas, gestão de resíduos sólidos, chaminé solar para intensificar a ventilação natural, entre outras tecnologias limpas¹⁰.

Entretanto, mesmo com todo o destaque que as GBTs vêm recebendo e apesar da grande variedade de *roadmaps* encontrados na literatura para monitoramento de ambientes e prospecção de produtos, mercados e tecnologias, nenhum deles trata especificamente de tecnologias de construção ecológica, muito menos de tecnologias limpas para construção de condomínios horizontais.

Se por um lado, tal situação dificultou a realização dessa pesquisa, em decorrência da ausência de informações já sistematizadas que pudessem servir como ponto de partida; por outro lado, denota o ineditismo do tema e a relevância que este estudo trará para o setor da construção civil no segmento habitacional.

Vale destacar que um *roadmap* que reúne tecnologias limpas para construção de condomínios horizontais é um importante instrumento de planejamento e mobilização de políticas públicas para que esses loteamentos respeitem a qualidade do meio em que se inserem, o uso e ocupação do solo e, principalmente, o crescimento ordenado e sustentável de uma cidade. Com mais investimentos em inovação e novas tecnologias verdes, muitos dos impactos ambientais provocados por este tipo de empreendimento podem ser prevenidos e/ou reduzidos.

Para combater as mudanças climáticas, muitos esforços para economizar energia e reduzir as emissões de carbono têm sido realizados em todo o mundo. Esse estudo analisou 642 publicações, dentre as quais foram selecionados 65 artigos tratando de tecnologias limpas relacionadas às categorias escolhidas para o *roadmap*

⁹<https://www.metropoles.com/conteudo-especial/edificio-corporativo-em-brasilia-e-o-mais-sustentavel-do-centro-oeste>

¹⁰<https://noticias.unb.br/117-pesquisa/4200-unb-e-contemplada-com-recursos-para-construcao-de-edificio-de-alta-eficiencia>

– energia, água e resíduos – com potencial de aplicação na construção e operação de condomínios horizontais. Na busca de patentes, foram obtidos 155 registros vinculados à categoria ‘Edificações e construção’ no WIPO GREEN (WIPO, [s. d.]). A partir dos artigos e patentes estudados, foram selecionadas 13 espécies de tecnologias para o *roadmap* de tecnologias limpas relacionadas à implantação e/ou operacionalização de condomínios horizontais ecologicamente corretos.

A categoria energia, com 8 das 13 espécies de tecnologias selecionadas no *roadmap*, denota que o desenvolvimento tecnológico nessa área é mais diversificado, com a geração de soluções em diferentes abordagens de materiais e métodos para redução do consumo de energia e geração de energia renovável. O aproveitamento da energia solar e o controle da carga térmica são exemplos de diretrizes observadas nas tecnologias encontradas no *roadmap*, tais como os materiais de mudança de fase (*phase change materials* - PCM), coletores fotovoltaicos térmicos híbridos (*photovoltaic thermal hybrid* - PVT), sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (*heating, ventilation and air conditioning technologies* - HVAC), janelas de alta eficiência, superfícies refletivas, entre outras.

Na categoria água, várias tecnologias vêm surgindo para melhorar a segurança hídrica, com a redução do consumo de água e a diminuição de águas residuais. Os pavimentos permeáveis, por exemplo, permitem que a água pluvial escoe para subcamadas e desça para o solo, evitando alagamentos e retroalimentando as águas subterrâneas (parte fundamental dos sistemas de abastecimento de água). Sistemas eficientes para coleta, armazenamento e tratamento das águas das chuvas (*rainwater harvesting systems* – RWHS) também vêm sendo desenvolvidos para reduzir a demanda de água potável e atenuar o escoamento nas galerias pluviais. Vários esquemas de tratamento e reutilização de águas cinzas vêm sendo implementados, usando métodos físico-químicos e/ou tratamentos biológicos, para reaproveitamento da água com repetidos usos antes do seu descarte final.

Na categoria resíduos, pode-se destacar o papel revolucionário que as impressoras 3D devem desempenhar no futuro da indústria da construção. Talvez seja difícil imaginar que essa tecnologia substituirá integralmente os métodos tradicionais de construção nos próximos anos, mas é bem provável que a manufatura aditiva seja utilizada juntamente com as técnicas tradicionais. Com a impressora 3D imprimindo

componentes e estruturas, será possível reduzir custos e tempo, minimizar a poluição ambiental e diminuir lesões e fatalidades nos canteiros de obra. Outro exemplo de gestão eficiente de resíduos é o reaproveitamento de contêineres na construção residencial, que, além de reduzir a necessidade da maioria dos materiais presentes na construção convencional, também dá um destino ecológico ao material feito de aço que não poderia ser descartado em aterros sanitários.

Essas e outras tecnologias limpas deste *roadmap* mostram caminhos viáveis para transformar a indústria da construção, sobretudo no segmento residencial, com vistas à sustentabilidade, redução do impacto ambiental e entrega de mais qualidade de vida às pessoas.

Importante registrar que um *roadmap*, como qualquer instrumento de prospecção (investigação) do futuro, é dinâmico e necessita de atualização constante para manter-se aderente à realidade e às tendências observadas no segmento estudado. Assim, a realização de novas pesquisas para revisão e/ou incremento de tecnologias deste *roadmap* será bastante oportuna.

Além disso, considerando o potencial de comunicação e de priorização que a ferramenta *roadmap* dispõe para alinhar estratégias e políticas entre todos os interessados, prevê-se a ampla divulgação deste *roadmap* em fóruns qualificados do Distrito Federal, envolvendo órgãos públicos das esferas administrativa, política e legislativa atuantes no licenciamento ambiental¹¹, bem como entidades representativas e grandes empreendedores (públicos e privados) atuantes no setor da construção civil na região¹².

Esta articulação se mostra muito promissora para alavancar o uso das tecnologias limpas no Distrito Federal, em prol de condomínios horizontais mais sustentáveis, sobretudo diante da oportunidade de que a aplicação dessas tecnologias nos referidos empreendimentos possa ser financiada com as respectivas

¹¹Instituto Brasília Ambiental – IBRAM/DF, Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA/DF, Conselho de Política Ambiental do Distrito Federal CONAM-DF, Governo do Distrito Federal – GDF e Câmara Legislativa do Distrito Federal – CLDF.

¹²Sindicato da Indústria da Construção Civil do Distrito Federal - Sinduscon-DF, Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Distrito Federal - CAU-DF, Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Distrito Federal - CREA-DF, Federação das Indústrias do Distrito Federal - Fibra, Associação Brasileira de Construtores - Asbraco, Terracap, etc.

compensações ambientais e/ou florestais, que poderão ter seu cálculo amenizado em função dos atenuantes alcançados com essas tecnologias.

Dessa forma, as perspectivas futuras desta pesquisa favorecem a transformação do setor da construção civil no Distrito Federal, especialmente para a implantação e/ou operação de condomínios horizontais dotados de tecnologias limpas que mitiguem e/ou reduzam os impactos ambientais provocados pela ocupação do território e uso de recursos naturais nesses empreendimentos.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, K. C. de F. J.; SOUZA, R. G. V. de. Estimativa da evolução do uso final de energia elétrica no setor residencial do Brasil por região geográfica. **Ambiente Construído**, vol. 21, no. 2, p. 383–408, Apr. 2021. DOI 10.1590/s1678-86212021000200532. Available at: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000200532>. Accessed on: 18 Oct. 2021.

AGÊNCIA BRASÍLIA. Brasília Ambiental mostra eficiência no licenciamento – Agência Brasília. 17 Jul. 2021. Available at: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2021/07/17/brasilia-ambiental-mostra-eficiencia-no-licenciamento/>. Accessed on: 15 Aug. 2021.

AGOSTINHO, M. D. S. P.; POLETO, C. Sistemas Sustentáveis De Drenagem Urbana: Dispositivos. **Holos Environment**, vol. 12, no. 2, p. 121, 2012. <https://doi.org/10.14295/holos.v12i2.3054>.

AL-YASIRI, Q.; SZABÓ, M. Incorporation of phase change materials into building envelope for thermal comfort and energy saving: A comprehensive analysis. **Journal of Building Engineering**, vol. 36, p. 102122, 1 Apr. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.102122>.

AZEVEDO, L. S. de; FERREIRA, A. C. M.; ZANINOTTI, D. C. Análise Bibliométrica sobre os Termos “Ecodesign”, “Sustentabilidade” e “Tecnologia Limpa” na Base de Dados Scopus. **Blucher Design Proceedings**, vol. 2, no. 9, p. 2034–2046, 4 Oct. 2016. Available at: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/ped2016/0173.pdf>. Accessed on: 15 Aug. 2021.

BABBAR, A.; RAI, A.; SHARMA, A. Latest trend in building construction: Three-dimensional printing. 1950., 2021. **Journal of Physics: Conference Series** [...]. [S. l.: s. n.], 2021. vol. 1950, p. 12007. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1950/1/012007>.

BATISTA, G. de B.; JUNIOR, J. L. N.; PICOLI, R. L. **Impactos ambientais na implantação de condomínios horizontais no distrito federal e o papel do gestor ambiental neste processo**. Salvador/BA: IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 25 Nov. 2013. Available at: www.ibes.org.br/congresso3. Accessed on: 15 Oct. 2021.

BISPO, T. C.; LEVINO, N. A. Impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação desordenada do solo: um estudo da região da periferia de Maceió/AL. 2011. **XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO** [...]. [S. l.: s. n.], 2011. p. 1–13.

BORSCHIVER, S.; SILVA, A. L. R. da. **TECHNOLOGY ROADMAP - Planejamento Estratégico para alinhar Mercado-Produto-Tecnologia**. [S. l.]: Ed. Interciência, 2016.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília - DF: BRASIL, 5 Oct. 1988. Available at:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm.
Accessed on: 15 Aug. 2021.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2 Aug. 2010. Available at: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Accessed on: 15 Oct. 2021.

BRASIL. Lei n. 6.938, de 31 de Agosto de 1981. 31 Aug. 1981. Available at: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938compilada.htm. Accessed on: 15 Aug. 2021.

BRESSAN, M. **Estudo de caso, licenciamento ambiental em condomínio urbano no Município de Concórdia - SC**. 2014. 1–57 f. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira/PR, 2014.

BRETAS, W. V.; MORAIS, A. S. C.; HORA, H. R. M. da; FERRONATO, M. A. F.; BRETAS, P. H. da S. Roadmap tecnológico de patentes verdes como subsídio estratégico ao empreendedorismo sustentável. *In*: EDITORA POISSON (ed.). **Sustentabilidade e Responsabilidade Social em Foco – Volume 4**. 1ª edição. Belo Horizonte - MG: [s. n.], 2018. p. 19–28. DOI 10.5935/978-85-93729-64-5.2018B001. Available at: <https://poisson.com.br/2018/produto/sustentabilidade-e-responsabilidade-social-em-foco-volume-4-2/>. Accessed on: 15 Aug. 2021.

BUILD UP. The BIQ House: first algae-powered building in the world. 2015. **Build Up**. Available at: <http://www.buildup.eu/en/practices/cases/biq-house-first-algae-powered-building-world>. Accessed on: 5 Jul. 2022.

CABEZA, L. F.; NAVARRO, L.; PISELLO, A. L.; OLIVIERI, L.; BARTOLOMÉ, C.; SÁNCHEZ, J.; ÁLVAREZ, S.; TENORIO, J. A. Behaviour of a concrete wall containing micro-encapsulated PCM after a decade of its construction. **Solar Energy**, vol. 200, p. 108–113, 1 Apr. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.12.003>.

CLIFT, R. The Concept of Clean Technology.pdf. **The Korean Society of Clean Technology**, vol. 1, no. 1, p. 34–46, 1 Dec. 1995. .

COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL (CODEPLAN). **Índice de Desempenho Econômico do Distrito Federal (Idecon/DF) - 2º Trimestre de 2021**. Brasília: [s. n.], Sep. 2021.

COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL (CODEPLAN). **Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios (PDAD) - 2018 - Destaques**. Brasília: [s. n.], 2018. Available at: <http://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/NT-Mercado-de-Trabalho-Informal-uma-perspectiva-comparada-do-DF.pdf>. Accessed on: 15 Oct. 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. [S. l.]: CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, 1997. Available at:

https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/CONAMA_237_191297.pdf
Accessed on: 15 Aug. 2021.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES). Portal de periódicos CAPES. [s. d.]. Available at: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/index.php?> Accessed on: 4 Dec. 2020.

CORNARO, C.; ROSSI, S.; CORDINER, S.; MULONE, V.; RAMAZZOTTI, L.; RINALDI, Z. Energy performance analysis of STILE house at the Solar Decathlon 2015: Lessons learned. **Journal of Building Engineering**, vol. 13, p. 11–27, 1 Sep. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2017.06.015>.

COUTINHO, P.; BOMTEMPO, J. V. Roadmap tecnológico em matérias-primas renováveis: Uma base para a construção de políticas e estratégias no Brasil. **Química Nova**, vol. 34, no. 5, p. 910–916, 2011. DOI 10.1590/S0100-40422011000500032. Available at: <http://www.scielo.br/j/qn/a/ySVTxQGdzWTw7LYxvJhsZJs/?stop=next&lang=pt&form=html>. Accessed on: 15 Aug. 2021.

DARKO, A.; CHAN, A. P. C.; OWUSU-MANU, D. G.; AMEYAW, E. E. Drivers for implementing green building technologies: An international survey of experts. **Journal of Cleaner Production**, vol. 145, p. 386–394, 2017. DOI 10.1016/j.jclepro.2017.01.043. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.043>. Accessed on: 2 Sep. 2021.

DISTRITO FEDERAL. Lei nº 3.984, de 28 de maio de 2007. Brasília, 28 May 2007. Available at: http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/55099/Lei_3984_28_05_2007.html. Accessed on: 15 Oct. 2021.

DOMÊNICO, C. O que a poluição sonora tem a ver com a sua saúde. 24 Jun. 2021. **Veja Saúde**. Available at: <https://saude.abril.com.br/blog/com-a-palavra/o-que-a-poluicao-sonora-tem-a-ver-com-a-sua-saude/>. Accessed on: 18 Oct. 2021.

ELHEGAZY, H.; EID, M. M. M. A state-of-the-art-review on grey water management: a survey from 2000 to 2020s. **Water Science and Technology**, vol. 82, no. 12, p. 2786–2797, 15 Dec. 2020. DOI 10.2166/WST.2020.549. Available at: <http://iwaponline.com/wst/article-pdf/82/12/2786/803037/wst082122786.pdf>. Accessed on: 6 Jul. 2022.

ELSEVIER. Scopus. [s. d.]. Available at: <https://www.scopus.com/home.uri>. Accessed on: 15 Aug. 2021.

FARIAS, T. **Licenciamento Ambiental: Aspectos Teóricos e Práticos**. 4ª edição. Belo Horizonte: Fórum, 2013.

FARJAMI, E.; MOHAMEDALI, A. Evaluating interior surfaces including finishing materials, ceiling, and their contribution to solar energy in residential buildings in Famagusta, North-Cyprus, Turkey. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 75, p. 338–353, 1 Aug. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.074>.

FORZANO, C.; BAGGIO, P.; BUONOMANO, A.; PALOMBO, A. Building integrating phase change materials: A dynamic hygrothermal simulation model for system analysis. **Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems**, vol. 7, no. 2, p. 325–342, 1 Jun. 2019. <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d6.0255>.

GBC BRASIL. Certificação LEED - GBC Brasil. 2022. Available at: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/empreendimentos/>. Accessed on: 29 Aug. 2022.

GOOGLE. Google Acadêmico. [s. d.]. Available at: <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>. Accessed on: 21 Oct. 2021.

GRIGORIADIS, K.; WHITTAKER, M.; SOUTSOS, M.; SHA, W.; NAPOLANO, L.; KLINGE, A.; PAGANONI, S.; CASADO, M.; BRANDER, L.; RABADE, M. P.; MUELLER, U.; MOUSAVI, M.; DURING, O.; SCULLIN, M.; CORREIA, R.; ZERBI, T.; MERLI, I.; INGROSSO, I.; ATTANASIO, A.; LARGO, A. Improving the recycling rate of the construction industry. 1., 2019. **Sustainable Construction Materials and Technologies** [...]. [S. l.]: International Committee of the SCMT conferences, 2019. vol. 1, . <https://doi.org/10.18552/2019/idsomt5044>.

ISLAM, H.; ZHANG, G.; SETUNGE, S.; BHUIYAN, M. A. Life cycle assessment of shipping container home: A sustainable construction. **Energy and Buildings**, vol. 128, p. 673–685, 15 Sep. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.07.002>.

JABBOUR, C. J. C. Tecnologias ambientais: em busca de um significado. **Revista de Administração Pública - RAP**, vol. 40, no. 3, p. 591–611, 2010. Available at: <https://www.scielo.br/pdf/rap/v44n3/03.pdf>. Accessed on: 9 Mar. 2021.

JÚNIOR, E. P. L.; TAVARES, L. E. dos S.; PESSOA, A. V. B. M. Roadmap Tecnológico: proposta de uma métrica para levantamento de demandas e ofertas tecnológicas. **Parc. Estrat.**, vol. 16, no. 33, p. 281–296, 2011. .

KOEBEL, C. T.; MCCOY, A. P.; SANDERFORD, A. R.; FRANCK, C. T.; KEEFE, M. J. Diffusion of green building technologies in new housing construction. **Energy and Buildings**, vol. 97, p. 175–185, 15 Jun. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.03.037>.

KOSTIĆ, L. T.; ALEKSIĆ, J. S. Review of research, development and application of photovoltaic/thermal water systems. **Open Physics**, vol. 18, no. 1, p. 1025–1047, 1 Jan. 2020. <https://doi.org/10.1515/phys-2020-0213>.

LABONNOTE, N.; RØNNQUIST, A.; MANUM, B.; RÜTHER, P. Additive construction: State-of-the-art, challenges and opportunities. **Automation in Construction**, vol. 72, p. 347–366, 1 Dec. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.08.026>.

MA, Z.; REN, H.; LIN, W. A review of heating, ventilation and air conditioning technologies and innovations used in solar-powered net zero energy Solar Decathlon houses. **Journal of Cleaner Production**, vol. 240, p. 118158, 10 Dec. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118158>.

MANKINS, J. C. Technology Readiness Levels: A White Paper. , p. From: <http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/trl/trl.>, 1995. .

NAIR, A.; ADITYA, S. D.; ADARSH, R. N.; NANDAN, M.; DHAREK, M. S.; SREEDHARA, B. M.; PRASHANT, S. C.; SREEKESHAVA, K. S. Additive Manufacturing of Concrete: Challenges and opportunities. 814., 18 Jun. 2020. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering** [...]. [S. l.]: Institute of Physics Publishing, 18 Jun. 2020. vol. 814, . <https://doi.org/10.1088/1757-899X/814/1/012022>.

NAQESHBANDI, N. F.; MENDONÇA, P. Digital fabrication and crafting for flexible building wall components: Design and development of prototypes. 2019. **36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2019** [...]. [S. l.: s. n.], 2019. p. 537–543. DOI 10.22260/isarc2019/0072. Available at: <https://www.protolabs.com/resources/white->. Accessed on: 26 Apr. 2022.

NETO, M. A. de O. **Ordenamento territorial do Distrito Federal, sob os aspectos do planejamento da ocupação e da regularização fundiária**. Brasília - DF: [s. n.], 6 Dec. 2017. Available at: <https://www2.tc.df.gov.br/wp-content/uploads/2019/06/Relatório-Final-e-Decisão-29491-15.pdf>. Accessed on: 15 Aug. 2021.

NEVES, A. S. SEI/GDF - 78640732 - Manifestação. Brasília - DF, 2022. Available at: https://documentcloud.adobe.com/gsuiteintegration/index.html?state=%7B%22ids%22%3A%5B%221kDhYLz2H3BLzOaNIXEH7gG6eQ_9os2DE%22%5D%2C%22action%22%3A%22open%22%2C%22userId%22%3A%22107789445592240482732%22%2C%22resourceKeys%22%3A%7B%7D%7D. Accessed on: 19 Jul. 2022.

OLECHOWSKI, A.; EPPINGER, S. D.; JOGLEKAR, N. Technology readiness levels at 40: A study of state-of-the-art use, challenges, and opportunities. 2015-Sept., 21 Sep. 2015. **Portland International Conference on Management of Engineering and Technology** [...]. [S. l.]: Portland State University, 21 Sep. 2015. vol. 2015-Sept., p. 2084–2094. <https://doi.org/10.1109/PICMET.2015.7273196>.

OLIVEIRA, M. M.; LUCARELLI, C. de C.; CARLO, J. C. Uso de materiais de mudança de fase em sistemas construtivos: revisão integrativa de literatura. **Ambiente Construído**, vol. 22, no. 3, p. 67–111, 23 May 2022. DOI 10.1590/S1678-86212022000300610. Available at: <http://www.scielo.br/j/ac/a/cv8gbxwWX4Ww8Jb5rCSJ6P/>. Accessed on: 29 Aug. 2022.

OTENG-PEPRAH, M.; ACHEAMPONG, M. A.; DEVRIES, N. K. Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception—a Review. **Water, Air, and Soil Pollution**, vol. 229, no. 8, p. 1–16, 1 Aug. 2018. DOI 10.1007/s11270-018-3909-8. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-018-3909-8>. Accessed on: 6 Jul. 2022.

PACHECO-TORGAL, F. Eco-efficient construction and building materials research

under the EU Framework Programme Horizon 2020. **Construction and Building Materials**, vol. 51, p. 151–162, 31 Jan. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.058>.

PARDO GARCÍA, N.; ZUBI, G.; PASAOGLU, G.; DUFO-LÓPEZ, R. Photovoltaic thermal hybrid solar collector and district heating configurations for a Central European multi-family house. **Energy Conversion and Management**, vol. 148, p. 915–924, 15 Sep. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.05.065>.

PEDRAZZI, F. J. de M. **Metodologia para avaliação de desempenho ambiental em condomínios fechados**. 2014. 160 f. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 2014. Available at: <http://hdl.handle.net/11449/102927>. Accessed on: 15 Oct. 2021.

PHAAL, R. Roadmapping for strategy and innovation. **Centre for Technology Management**, vol. 47, no. March, p. 1–7, 2015. Available at: www.eere.energy.gov. Accessed on: 23 Aug. 2021.

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J. P.; PROBERT, D. R. Technology roadmapping - A planning framework for evolution and revolution. **Technological Forecasting and Social Change**, vol. 71, no. 1–2, p. 5–26, 1 Jan. 2004. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00072-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00072-6).

PRENTICE, S. The Five SMART Technologies to Watch. 2014. **Gartner**. Available at: <https://www.gartner.com/doc/2669320/smart-technologies-watch>. Accessed on: 18 Mar. 2022.

RALUY, R. G.; GUILLÉN-LAMBEA, S.; SERRA, L. M.; GUADALFAJARA, M.; LOZANO, M. A. Environmental assessment of central solar heating plants with seasonal storage located in Spain. **Journal of Cleaner Production**, vol. 314, p. 128078, 10 Sep. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128078>.

ROEDEL, T.; DIAS, L. de O. Impactos ambientais de loteamentos: análise de estudos ambientais simplificados da Instrução Normativa N° 4 da Fundema, em Brusque – SC. **Revista de Direitos Difusos**, vol. 70, p. 161–189, Jul. 2018. Available at: <http://ibap.emnuvens.com.br/rdd/article/view/146/80>. Accessed on: 18 Oct. 2021.

ŞAHİN, N. İ.; MANIOĞLU, G. Water conservation through rainwater harvesting using different building forms in different climatic regions. **Sustainable Cities and Society**, vol. 44, p. 367–377, 1 Jan. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.10.010>.

SAJJADIAN, S. M.; LEWIS, J.; SHARPLES, S. The potential of phase change materials to reduce domestic cooling energy loads for current and future UK climates. **Energy and Buildings**, vol. 93, p. 83–89, 15 Apr. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.02.029>.

SAKIN, M.; KIROGLU, Y. C. 3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM. 134., 1 Oct. 2017. **Energy Procedia** [...]. [S. l.]: Elsevier, 1 Oct. 2017. vol. 134, p. 702–711. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.562>.

SILVA, A. C. R. de S.; BIMBATO, A. M.; BALESTIERI, J. A. P.; VILANOVA, M. R. N.

Exploring environmental, economic and social aspects of rainwater harvesting systems: A review. **Sustainable Cities and Society**, vol. 76, p. 103475, 1 Jan. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103475>.

SUN, W.; LU, G.; YE, C.; CHEN, S.; HOU, Y.; WANG, D.; WANG, L.; OESER, M. The State of the Art: Application of Green Technology in Sustainable Pavement. **Advances in Materials Science and Engineering**, vol. 2018, 2018. DOI 10.1155/2018/9760464. Available at: <https://doi.org/10.1155/2018/9760464>.

TAFESSE, S. Material waste minimization techniques in building construction projects. **Ethiopian Journal of Science and Technology**, vol. 14, no. 1, p. 1–19, 30 Jan. 2021. DOI 10.4314/ejst.v14i1.1. Available at: <https://www.ajol.info/index.php/ejst/article/view/205765>. Accessed on: 8 Jul. 2022.

TAHMASEBINIA, F.; NIEMELÄ, M.; SEPASGOZAR, S. M. E.; LAI, T. Y.; SU, W.; REDDY, K. R.; SHIROWZHAN, S.; SEPASGOZAR, S.; MARROQUIN, F. A. Three-dimensional printing using recycled high-density polyethylene: Technological challenges and future directions for construction. **Buildings**, vol. 8, no. 11, 2018. DOI 10.3390/buildings8110165. Available at: www.mdpi.com/journal/buildings. Accessed on: 15 Apr. 2022.

TALAEI, M.; MAHDAVINEJAD, M. Probable cause of damage to the panel of microalgae bioreactor building façade: Hypothetical evaluation. **Engineering Failure Analysis**, vol. 101, p. 9–21, 1 Jul. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.02.060>.

TARTARUGA, I. G. P.; SPEROTTO, F. Q.; GRIEBELER, M. P. D. Mudanças tecnológicas e Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável: o papel das Instituições de Ensino Superior para o desenvolvimento regional. **Parc. Estrat.**, vol. 24, no. 49, p. 109–124, 2019. Available at: https://www.researchgate.net/publication/337424884_Mudancas_tecnologicas_e_Agenda_2030_para_o_Developmento_Sustentavel_o_papel_das_Instituicoes_de_Ensino_Superior_para_o_desenvolvimento_regional. Accessed on: 8 Mar. 2021.

TESTON, A.; GERALDI, M. S.; COLASIO, B. M.; GHISI, E. Rainwater harvesting in buildings in Brazil: A literature review. **Water (Switzerland)**, vol. 10, no. 4, p. 471, 12 Apr. 2018. DOI 10.3390/w10040471. Available at: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/4/471/htm>. Accessed on: 7 Jul. 2022.

TIBBITS, S. The emergence of “4D printing.” 2019. **TED Talk**. Available at: https://www.ted.com/talks/skylar_tibbits_the_emergence_of_4d_printing?language=en. Accessed on: 31 Mar. 2022.

TOWERY, N. D.; MACHEK, E.; THOMAS, A. **Technology Readiness Level Guidebook**. [S. l.: s. n.], 2017. Available at: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/ear/17047/17047.pdf>. Accessed on: 19 Jul. 2022.

TULUS, V.; BOER, D.; CABEZA, L. F.; JIMÉNEZ, L.; GUILLÉN-GOSÁLBEZ, G. Enhanced thermal energy supply via central solar heating plants with seasonal

storage: A multi-objective optimization approach. **Applied Energy**, vol. 181, p. 549–561, 1 Nov. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.037>.

UN ENVIRONMENT. **Global Environment Outlook 6**. [S. l.: s. n.], 4 Mar. 2019. DOI 10.1017/9781108627146. Available at: https://www.unep.org/resources/global-environment-outlook-6?_ga=2.62889196.1378806908.1629059146-1114048573.1629059146. Accessed on: 15 Aug. 2021.

UNITED NATIONS. Resolution Adopted by the General Assembly on 25 September 2015. **Sustainable Development Goals**. [S. l.: s. n.], 2019. p. 333–374. DOI 10.1002/9781119541851.app1. Available at: https://www.unfpa.org/sites/default/files/resource-pdf/Resolution_A_RES_70_1_EN.pdf. Accessed on: 15 Aug. 2021.

WILKINSON, S.; BILORIA, N.; RALPH, P. The technical issues associated with algae building technology. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, vol. 38, no. 5, p. 673–688, 23 Oct. 2020. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-02-2020-0012>. WIPO. IPC GREEN INVENTORY. [s. d.]. Available at: <https://www.wipo.int/classifications/ipc/green-inventory/home>. Accessed on: 16 Aug. 2021a.

WIPO. WIPO GREEN – The Marketplace for Sustainable Technology. [s. d.]. Available at: <https://www3.wipo.int/wipogreen/en/>. Accessed on: 16 Aug. 2021b.

ZABIDI, H. A.; GOH, H. W.; CHANG, C. K.; CHAN, N. W.; ZAKARIA, N. A. A Review of Roof and Pond Rainwater Harvesting Systems for Water Security: The Design, Performance and Way Forward. **Water 2020, Vol. 12, Page 3163**, vol. 12, no. 11, p. 3163, 12 Nov. 2020. DOI 10.3390/W12113163. Available at: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/11/3163/htm>. Accessed on: 7 Jul. 2022.

ZHANG, J.; WANG, J.; DONG, S.; YU, X.; HAN, B. A review of the current progress and application of 3D printed concrete. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, vol. 125, p. 105533, 1 Oct. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2019.105533>.

ZHANG, Y.; WANG, H.; GAO, W.; WANG, F.; ZHOU, N.; KAMMEN, D. M.; YING, X. A Survey of the Status and Challenges of Green Building Development in Various Countries. **Sustainability**, vol. 11, no. 19, p. 5385, 29 Sep. 2019. DOI 10.3390/su11195385. Available at: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/19/5385>.

ZHU, B.; PAN, J.; ZHOU, Z.; ZHANG, Y. Advances in Large-scale Three Dimensional Printing Technology Applied in Construction Industry. **Cailiao Daobao/Materials Review**, vol. 32, no. 12, p. 4150–4159, 2018. .

APÊNDICE A – ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA CADERNOS DE PROSPECÇÃO

Transferência de Tecnologia da Universidade para o Mercado: estudo de caso de patente de processo de reciclagem de filtros de cigarro

Resumo

A transferência de tecnologia é um dos recursos de difusão da inovação, inclusive de tecnologias sustentáveis e ambientalmente responsáveis. Este estudo buscou explicitar o caso de transferência de tecnologia em uma relação entre universidade e indústria, de maneira a traçar aspectos relevantes para casos futuros. Por meio de análise documental, este estudo investigou o processo de licenciamento da Patente PI 0305004-1, relacionada à reciclagem de filtros de cigarro, realizado pela Universidade de Brasília com a empresa Poiato Recicla, de maneira a evidenciar a transferência realizada, os aprendizados do caso específico e os impactos para a empresa e para a universidade. A pesquisa identificou a necessidade de melhoria na avaliação do modelo de negócios e no planejamento da evolução da tecnologia em contratos de licenciamento entre universidade e indústria. Como resultado do estudo, foi apresentada uma proposta de processos de transferência de tecnologia aprimorados com apoio dos núcleos de inovação tecnológica das universidades.

Palavras-chave: Inovação. Transferência de Tecnologia. Interação Universidade-Empresa.

DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v15i2.46876>

Cadernos de Prospecção – Salvador, v. 15, n. 2, abril a junho, 2022, p. 396-410.
(15 páginas)

Transferência de Tecnologia da Universidade para o Mercado: estudo de caso de patente de processo de reciclagem de filtros de cigarro

Transfer of Technology from the University to the Market: patent case study of cigarette filter recycling process

Alessandra do Valle Abrahão Soares¹

Pedro Henrique de Castro Pires¹

Lenine Rodrigues de Melo¹

Grace Ferreira Ghesti¹

¹Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil

Resumo

A transferência de tecnologia é um dos recursos de difusão da inovação, inclusive de tecnologias sustentáveis e ambientalmente responsáveis. Este estudo buscou explicitar o caso de transferência de tecnologia em uma relação entre universidade e indústria, de maneira a traçar aspectos relevantes para casos futuros. Por meio de análise documental, este estudo investigou o processo de licenciamento da Patente PI 0305004-1, relacionada à reciclagem de filtros de cigarro, realizado pela Universidade de Brasília com a empresa Poiato Recicla, de maneira a evidenciar a transferência realizada, os aprendizados do caso específico e os impactos para a empresa e para a universidade. A pesquisa identificou a necessidade de melhoria na avaliação do modelo de negócios e no planejamento da evolução da tecnologia em contratos de licenciamento entre universidade e indústria. Como resultado do estudo, foi apresentada uma proposta de processos de transferência de tecnologia aprimorados com apoio dos núcleos de inovação tecnológica das universidades.

Palavras-chave: Inovação. Transferência de Tecnologia. Interação Universidade-Empresa.

Abstract

Technology transfer is one of the means of diffusion of innovation, including sustainable and environmentally responsible technologies. This study sought to explain the case of technology transfer in a relationship between university and industry, in order to outline relevant aspects for future cases. Through document analysis, this study investigated the licensing process of Patent PI 0305004-1, for recycling cigarette filters, carried out by the University of Brasília with the company Poiato Recicla, in order to evidence the transfer carried out, the lessons learned from the case specific, impacts for the company and university. The research identified the need for improvement in the evaluation of the business model and in the planning of the evolution of technology in licensing agreements between university and industry. As a result of the study, a proposal for improved technology transfer processes was presented with the support of the universities' technological innovation centers.

Keywords: Innovation. Technology transfer. University–industry interaction.

Área Tecnológica: Inovação. Transferência de Tecnologia.



1 Introdução

A mitigação das mudanças climáticas globais exigirá o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias. Os danos potenciais induzidos pelas mudanças climáticas são múltiplos, em particular para os países em desenvolvimento, nos quais se espera repercussões mais severas; seja pela vulnerabilidade do seu setor agrícola frente às mudanças climáticas; seja por questões de saúde pública (como o descontrole ambiental de vetores que transmitem doenças, como malária e dengue); seja pelo risco de desastres naturais, principalmente em áreas costeiras; ou ainda pela migração, agitação política e conflitos violentos, derivados da inadequação das condições de vida das populações mais pobres. Diante desse cenário, os países em desenvolvimento têm, portanto, grande interesse em conter as mudanças climáticas e mitigar suas consequências por meio do desenvolvimento e da difusão de tecnologias limpas (LESS; MCMILLAN, 2005).

Entre as indústrias com considerável impacto social e ambiental, neste estudo, destaca-se o impacto da indústria do tabaco. O resíduo gerado pelo cigarro provoca dano ambiental extensivo. Segundo o projeto Lixo Fora D'Água, coordenado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais e a Associação Internacional de Resíduos Sólidos (ISWA), em um pequeno trecho de praia, com cerca de 8 km, foram encontrados, entre outros detritos, mais de 200 mil bitucas de cigarros, o que representa 40,4% do lixo coletado no estudo (AGÊNCIA BRASIL, 2020). Mesmo quando o destino do material não é o chão, há impacto ambiental. Em 2020, por exemplo, só a Receita Federal brasileira incinerou cerca de 60 toneladas de cigarros apreendidos (G1 CE, 2021). A queima, apesar de poupar os aterros sanitários, libera gases poluentes na atmosfera. Assim, buscar alternativas mais sustentáveis para o descarte de cigarro, além de trazer benefícios para o meio ambiente, pode ainda gerar uma nova atividade econômica

A Agenda 21, documento assinado por 179 países durante a “Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento” em 1992 para a criação de modelos de sustentabilidade de nível nacional, define as tecnologias ambientalmente saudáveis (em inglês, *environmentally sound technologies*) como aquelas que protegem o meio ambiente e poluem menos, gerenciando recursos e resíduos de forma mais saudável que as tecnologias tradicionais, e fornecendo benefícios ou utilidades de maneira mais ampla do que apenas sua produtividade (LESS; MCMILLAN, 2005). Entre os movimentos convergentes com a Agenda 21, destaca-se a abordagem de Economia Circular, que advoga por transformações produtivas para um consumo e geração de bens mais sustentável, além de ter apresentado crescente interesse na academia na última década (FARIAS *et al.*, 2021). A Economia Circular tem como princípios a geração de resíduos e o uso de recursos otimizados, de maneira a promover a produção responsável e limpa, em oposição à tradicional economia linear de produção-consumo-descarte (SILVA *et al.*, 2021).

Devido ao crescente destaque que o conhecimento científico e tecnológico e a inovação passaram a ter como meio propulsor para o desenvolvimento sustentável, as universidades ao redor do mundo estão passando por uma transição importante. O grande desafio é descobrir como utilizar e transferir o conhecimento científico e tecnológico gerado pelas universidades para obter benefícios crescentes nas esferas social, econômica e ambiental (NASSIF; HASHIMOTO; AMARAL, 2014).

No Brasil, a maior parte das invenções são realizadas dentro das Universidades Federais. Dados do INPI registram que 31 das 50 instituições que mais registraram patentes em 2019, ou mais de 60%, são instituições públicas de ensino superior, federais ou estaduais (LEÓN, 2020). Entretanto, apesar de essas instituições gerarem conhecimentos, pesquisas básicas e aplicadas, esse capital intelectual fica restrito ao ambiente de ensino e pesquisa, sem beneficiar a sociedade efetivamente (FERNANDES *et al.*, 2018). Uma solução para resolver essa problemática é a transferência das tecnologias geradas pelas universidades às empresas, que estão mais preparadas para produzir em escala e acessar os mercados.

A transferência de tecnologia refere-se ao processo de cessão de tecnologia, que compreende o conjunto de conhecimentos, informações, técnicas e métodos, ou seja, *know-how*, que são cedidos pelo proprietário da tecnologia para outro interessado em sua exploração. A transferência de tecnologia no Brasil é registrada junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), por meio da averbação dos respectivos contratos de licença de direito de propriedade industrial, de fornecimento de tecnologia, de prestação de serviços de assistência técnica e científica, ou ainda, contratos de franquia empresarial (INPI, 2017).

O modelo conceitual da Hélice Tríplice, desenvolvido por Etzkowitz e Leydesdorff (1995), ajuda a compreender a interação entre os três principais atores do processo de inovação tecnológica – governo, universidade e indústria. Cada “hélice” desempenha um papel relevante (e complementar) nos sistemas de inovação, em uma espécie de espiral sem fim de relações interdependentes: os governos oferecem incentivos fiscais e criam políticas públicas em prol do desenvolvimento econômico e social; as universidades contribuem com o capital intelectual, formando especialistas e gerando novos conhecimentos; e o setor privado desenvolve produtos e serviços inovadores, liderando os processos de mudança do mercado (MINEIRO *et al.*, 2018). Compreendendo o mundo no contexto atual da era do conhecimento, outras duas “hélices” foram incorporadas, transformando o modelo na Hélice Quíntupla. A sociedade passa a ser vista como usuária e cocriadora da inovação, considerando a perspectiva de que os produtos e os serviços inovadores são desenvolvidos para atender aos anseios dos clientes e com a participação ativa dele; e o meio ambiente passa a ser compreendido como uma estrutura transdisciplinar e central para um desenvolvimento duradouro e sustentável, que equilibra questões econômicas, sociais e ambientais por meio de novos conhecimentos e inovações (CARAYANNIS; CAMPBELL, 2009).

Os direitos de propriedade intelectual podem desempenhar um papel importante na garantia de retornos econômicos aos investidores, incluindo recursos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) que têm sido dedicados ao desenvolvimento e à melhoria de uma tecnologia, permitindo sua transferência e difusão. De modo geral, regimes de proteção à propriedade intelectual mais fracos, que não asseguram os benefícios econômicos desejados, podem desencorajar a transferência de tecnologias limpas e, portanto, constituem uma barreira. Da mesma forma, regimes que fornecem um monopólio muito extenso sobre determinada tecnologia podem limitar a difusão dessa tecnologia e dificultar sua adesão pelo mercado (LESS; MCMILLAN, 2005).

Informações adequadas sobre o desempenho de tecnologias, processos e equipamentos, com referências específicas aos benefícios ambientais e financeiros, são o primeiro passo necessário para a transferência de tecnologia. No entanto, muitas vezes, a falta de informação e de compreensão das competências e infraestruturas necessárias para o bom funcionamento dos sistemas utilizando tecnologias transferidas ou adquiridas resultam em rendimentos abaixo do ideal (LESS; MCMILLAN, 2005).

A falta de recursos financeiros para adquirir tecnologias é frequentemente relatada como a principal barreira para a transferência de tecnologia (LESS; MCMILLAN, 2005). O alto risco financeiro pode ser considerado um impeditivo para potenciais investidores de tecnologias limpas, especialmente no caso de pequenas e médias empresas.

Segundo Ferreira, Ghesti e Braga (2017, p. 350), o processo de TT pode ainda esbarrar em outras dificuldades para sua execução, como:

[...] falta de mapeamento tecnológico interno da universidade; busca por parceiros apenas após a proteção do ativo; falta de metodologia de valoração de tecnologias; dificuldade de se entender o Marco Legal de CT&I por parte da PJU e outras unidades da UnB; falta de metodologia de pagamento de royalties; resolução interna da UnB anterior à Lei de Inovação.

Assim, a proposta deste artigo é descrever o cenário das patentes brasileiras e seu acesso ao mercado, em particular aquelas relacionadas a tecnologias “verdes”, a partir de um estudo de caso de transferência realizado entre a Universidade de Brasília (UnB) e uma empresa de reciclagem, a Poiato Recicla. Com base no caso estudado, foram levantadas as diretrizes e os pontos críticos de investigação e melhoria para facilitar o acesso de patentes geradas pelas Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) brasileiras ao mercado.

Para este estudo foi escolhida a Patente PI 0305004-1, que trata do “Reaproveitamento de fibras de acetato de celulose e filtros de cigarro para obtenção de celulose e papel”. A tecnologia em questão refere-se ao uso de resíduos compostos por fibras de acetato de celulose, sejam eles oriundos de sobras industriais (aparas ou descartes) ou materiais consumidos (filtros de cigarro, cargas de canetas, entre outros), para obtenção de uma massa de celulose, passível de ser usada na produção de papel ou outros produtos. A patente foi escolhida para este estudo por ser uma tecnologia limpa que já foi concedida, licenciada e divulgada em mídias.

Nesse caso, a transferência de tecnologia do reaproveitamento de bitucas de cigarro é significativa, pois se revela como a oportunidade de uma tecnologia desenvolvida na universidade entrar no setor produtivo, possivelmente gerando empregos e reduzindo o impacto ambiental, além de gerar retorno financeiro à universidade e aos inventores por meio de *royalties*.

1.1 Pesquisa e Registro da Patente PI 0305004-1

A invenção foi desenvolvida na Universidade de Brasília (UnB), por uma equipe de pesquisadores com formação multidisciplinar – uma doutora em Desenvolvimento Sustentável, com formação superior em Educação Artística, um doutor em Ciências dos Materiais, com formação superior em Engenharia Química, e um aluno de Biologia. Os inventores já pesquisavam fibras alternativas para a produção de papel desde a década de 1990, tendo participado do desenvolvimento da primeira patente registrada na UnB, em 1996, para a reciclagem de papel moeda (o INPI concedeu o registro da patente PI 9605508-1 em 2008). A partir da experiência da reciclagem de papel moeda, os professores continuaram a pesquisa buscando ampliar a utilização da tecnologia em novas aplicações. Um dos potenciais explorados pelos pesquisadores foi o tratamento de resíduos de cigarros, em especial os filtros, popularmente conhecidos como “bitucas” (NAPOLI; SIEBRA; GEISHOFER, 2010).

2 Metodologia

Este estudo segue metodologia de caráter exploratório e qualitativo, com base em análise documental. O método adotado foi o estudo de caso, o qual é indicado para estudos que buscam explicar certa situação, a partir de um caso específico considerado como uma referência para determinada análise.

Foi escolhida a Patente PI 0305004-1, que trata do “Reaproveitamento de fibras de acetato de celulose e filtros de cigarro para obtenção de celulose e papel”, registrada pela Universidade de Brasília junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e licenciada para a empresa Poiato Recicla. Os dados foram coletados em documentos disponibilizados pelos pesquisadores e equipes do NIT e da empresa, referentes ao processo realizado para transferência da tecnologia e, no caso da empresa, relatórios e apresentações contendo as informações sobre seu modelo de negócio e o impacto da tecnologia nos resultados da sua organização.

Toda a documentação disponibilizada foi analisada de maneira a identificar o processo seguido pelas entidades, dificuldades, problemas, vantagens e resultados. Com base nas análises, foi elaborada uma proposta de fluxo de processo de transferência de tecnologia, que pode ser implementada pelos NITs universitários para gerir seus ativos intangíveis (patentes e tecnologias) e licenciá-los com vistas ao seu acesso aos mercados.

3 Resultados e Discussão

Um estudo prospectivo de busca patentária, relacionada à tecnologia em questão, realizado em 2017 apontou 12 resultados, sendo três deles registrados no Brasil: a PI 0513986-4 – Processo para fabricação de uma folha de tabaco reconstituída e modificada, e cigarro; a PI 1001729-1 – Processo de tratamento e reciclagem do toco de cigarro para obtenção de composto orgânico aplicável em áreas degradadas; e a PI 1100405-3 – Processo de reciclagem natural de filtros de cigarros usados e descartados e produtos resultantes desta reciclagem (DIAS *et al.*, 2018). Entre essas patentes, apenas uma se refere à reciclagem de cigarro ou filtros para fabricação de outros produtos, como o papel, o que denota que a tecnologia é de fato inovadora e não tem concorrentes diretos para seu aproveitamento comercial.

A partir do surgimento da ideia de uma tecnologia para tratamento de resíduos de cigarros, foram dois anos para que os pesquisadores pudessem concluir a pesquisa e solicitar o pedido de registro da patente em questão. O pedido da patente foi depositado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) em 6 de outubro de 2003, tendo seu registro concedido 11 anos depois, em 11 de novembro de 2014.

O texto da reivindicação do pedido de patente apresentou um espectro mais ampliado na descrição dos métodos empregados na invenção, como se observa nas seguintes características: faixa de temperatura entre 20 e 140°C; presença ou não de catalisadores; pressão do sistema constante ou variável, entre 0atm a 100atm (COSTA; DUARTE; SUAREZ, 2003). A extensão no texto da patente permite proteger a tecnologia de maneira mais adequada, evitando que outros a explorem indevidamente mediante a aplicação de alguns ajustes que visem a desqualificar a proteção patentária.

No caso estudado, a responsabilidade pela redação da patente foi dos pesquisadores, que receberam apoio do Centro de Desenvolvimento Tecnológico (CDT), que é o Núcleo de Informação Tecnológica (NIT) da UnB. Segundo a Lei da Inovação, são competências do NIT:

Para apoiar a gestão de sua política de inovação, a ICT pública deverá dispor de Núcleo de Inovação Tecnológica, próprio ou em associação com outras ICTs.

§ 1º São competências do Núcleo de Inovação Tecnológica a que se refere o caput, entre outras:

I – zelar pela manutenção da política institucional de estímulo à proteção das criações, licenciamento, inovação e outras formas de transferência de tecnologia;

II – avaliar e classificar os resultados decorrentes de atividades e projetos de pesquisa para o atendimento das disposições desta Lei;

III – avaliar solicitação de inventor independente para adoção de invenção na forma do art. 22;

IV – opinar pela conveniência e promover a proteção das criações desenvolvidas na instituição;

V – opinar quanto à conveniência de divulgação das criações desenvolvidas na instituição, passíveis de proteção intelectual;

VI – acompanhar o processamento dos pedidos e a manutenção dos títulos de propriedade intelectual da instituição;

VII – desenvolver estudos de prospecção tecnológica e de inteligência competitiva no campo da propriedade intelectual, de forma a orientar as ações de inovação da ICT;

VIII – desenvolver estudos e estratégias para a transferência de inovação gerada pela ICT;

IX – promover e acompanhar o relacionamento da ICT com empresas, em especial para as atividades previstas nos arts. 6º a 9º;

X – negociar e gerir os acordos de transferência de tecnologia oriunda da ICT. (BRASIL, 2004, art. 16)

A participação do NIT no processo de Transferência de Tecnologia (TT) agrega profissionalismo e permite que o tema seja tratado de forma mais estratégica pelas universidades, abrangendo todas as fases que envolvem a propriedade intelectual: da prospecção e estudos de inteligência do mercado até a negociação de parceiros para TT e acesso ao mercado. Dessa forma, a estruturação do NIT é fundamental para o sucesso dessa empreitada.

Na UnB, durante o período analisado, o CDT oferecia um time especializado para prestar apoio ao registro de patentes e ao licenciamento das tecnologias. A formação dos seus profissionais durava em média dois anos e previa treinamentos e atividades assistidas. Entretanto, como o vínculo desses colaboradores com o CDT era frágil, todos eram bolsistas, e quando atingiam a maturidade necessária para a execução efetiva do processo, acabavam por se desligar da equipe.

Para reverter o quadro de alta rotatividade nos NITs, uma alternativa é contratar profissionais do mercado, ao invés de manter somente bolsistas. Por conseguinte, isso requer que o CDT tenha mais autonomia para contratar pessoal e gerir seu próprio orçamento. Desse modo, seria preciso que o Centro tivesse personalidade jurídica própria, hipótese prevista na Lei da Inovação (BRASIL, 2004).

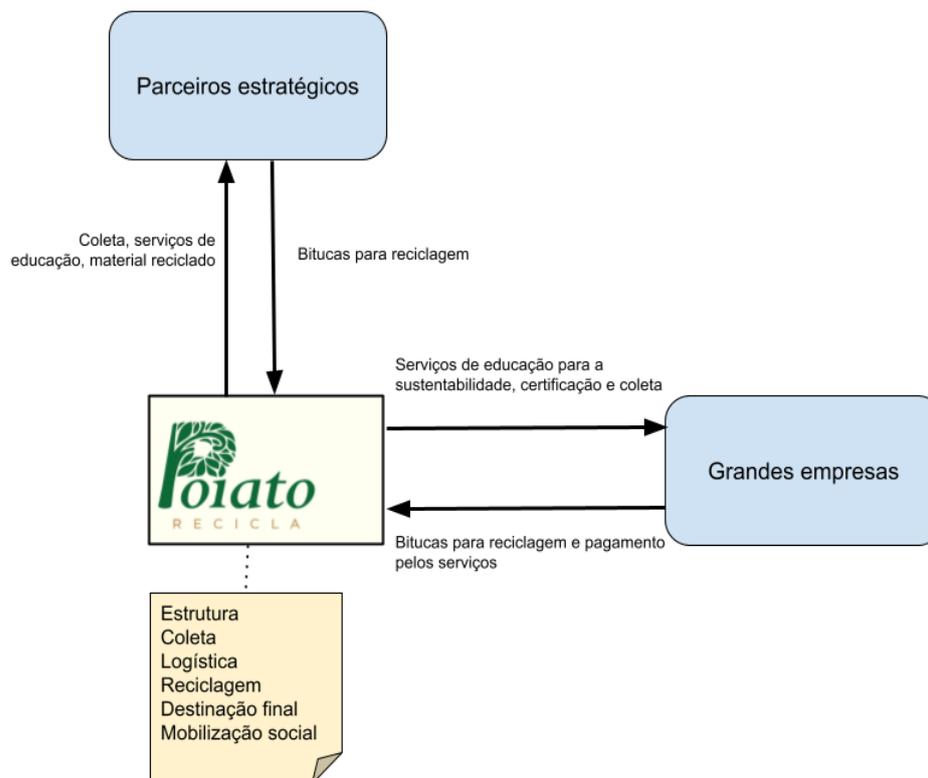
Com o pedido de patente depositado, foi preciso prospectar parceiros para a exploração da tecnologia desenvolvida, tendo em vista que a universidade não detinha capacidade de

produzi-la e de comercializá-la diretamente no mercado. Nesse contexto, o licenciamento da tecnologia e o processo para a transferência de *know how* foram essenciais.

3.1 Licenciamento da Patente PI 0305004-1

A tecnologia da patente PI 0305004-1 foi licenciada para a Poiato Recicla, uma empresa especializada na prestação de serviços de certificação de destinação correta de resíduos e conscientização ambiental. O modelo de negócio da empresa consiste de uma “economia circular”, como apontado em documentação disponibilizada pelo fundador, Marcos Poiato. Esse modelo tem seis componentes: caixas coletoras de bitucas situadas em pontos junto a parceiros; coleta periódica dos resíduos; logística completa do processo de gestão dos resíduos; reciclagem, que a partir de 2016 passou a incluir a tecnologia da patente PI 0305004-1; destinação final dos resíduos; e mobilização social, esta última parte contemplando os serviços de conscientização ambiental e social. Os clientes desse modelo de negócio são aqueles que buscam certificações ambientais, como as multinacionais que necessitam dela para obter uma certificação como a ISO 17000 – Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2005). O modelo pode ser visualizado na Figura 1:

Figura 1 – Modelo de negócio simplificado da Poiato Recicla



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo por meio da ferramenta Google Slides

À época do licenciamento, a empresa já prestava serviços no mercado, mas buscava implementar uma inovação para que 100% do material recolhido fosse tratado e destinado adequadamente. Após realizar prospecção ativa em bases de patentes, como o INPI, o empresário Marcos Poiato encontrou a invenção desenvolvida pelos pesquisadores da UnB, iniciando o processo de negociação junto à universidade (MANZOLI, 2015).

A Poiato Recicla prestava serviços de gestão dos resíduos de bitucas de cigarro, com vistas ao cumprimento da legislação ambiental e do aproveitamento do marketing “verde” para seus clientes (shoppings e grandes empresas). Graças à patente licenciada, seu processo produtivo era inovador e garantia o tratamento e destinação final correta de todos os resíduos. Os serviços agregados da Poiato Recicla permitiam que a empresa fornecesse certificação ambiental para seus clientes. Os clientes levavam o certificado para a FNQ para obter a ISO 17000 de empresa ambientalmente responsável.

A patente PI 0305004-1 permitia a transformação do resíduo da bituca de cigarro em papel, mas o papel produzido em si não gerava benefício econômico para sua venda. Na verdade, o que gerava valor era a prestação dos serviços de gestão de resíduos cuja tecnologia está inserida. Portanto, o retorno para o licenciado estava no fortalecimento da sua marca, com agregação do diferencial competitivo pela destinação correta das bitucas, que financiava a operação (como a redução do volume de lixo para os aterros sanitários). Dessa forma, foi preciso conceber o licenciamento dentro do contexto de negócio da reciclagem de resíduos, que envolve todo o processo de coleta, triagem, tratamento e destinação final.

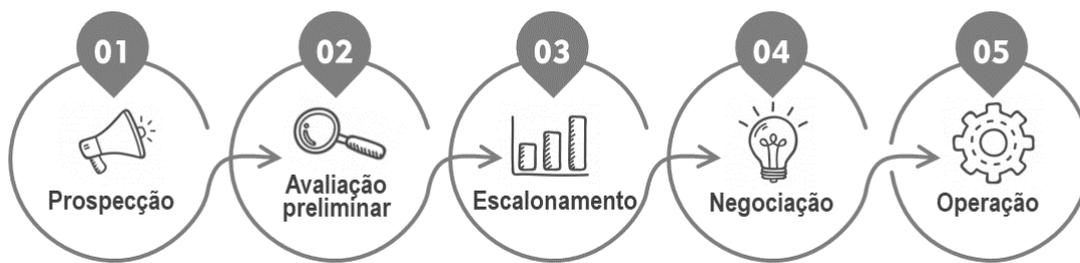
Vale ressaltar que o material reciclado no processo, pelo baixo valor econômico que gerava, era integralmente doado para instituições filantrópicas, para produção de papel artesanal e implementação de educação ambiental. Portanto, não faria sentido mensurar, por exemplo, quanto vale 1 kg de bituca de cigarro transformado em papel reciclado para a precificação dos *royalties*.

3.2 Processo de Transferência da Tecnologia e do *Know-How*

Considerando que a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico nas universidades ocorrem no contexto do ensino e da geração genuína de conhecimento (portanto, desinteressado do ponto de vista comercial), as patentes são registradas pelas universidades assim que se atingem os requisitos básicos de patenteabilidade definidos no artigo 8º da Lei de Propriedade Industrial – novidade, atividade inventiva e aplicação industrial (BRASIL, 1996).

Desse modo, as tecnologias patenteadas pelas universidades apresentam-se com maturidade tecnológica intermediária (TRL 3 e 4). Portanto, o processo de TT deveria prever que o desenvolvimento tecnológico da invenção ainda precisa ser concluído e, por conseguinte, aumentar sua escala de maturidade tecnológica. Dessa forma, a TT se iniciaria com a tecnologia não validada para a produção industrial, o que demandaria do futuro licenciado uma participação ativa na continuidade do desenvolvimento tecnológico da invenção para alcançar TRLs mais elevados, como do TRL 5 até o TRL 9 (KRUGER; STEYN, 2020).

A partir da análise do estudo de caso escolhido, foi proposto um processo de TT das universidades para o mercado, envolvendo cinco etapas, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Etapas do processo de transferência de tecnologia das universidades para o mercado

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

A Etapa 1 inicia o trabalho do NIT com a gestão do portfólio de patentes e priorização daqueles ativos que apresentam o maior potencial de TT. Compreende a prospecção, ativa e passiva, de parceiros para a exploração das tecnologias, com a identificação de empresas e/ou possíveis investidores, promoção de eventos e rodadas de negócios e divulgação das tecnologias desenvolvidas pela universidade.

Após depositar o pedido da patente, o Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT) já deve iniciar o trabalho de prospecção dos interessados de modo a garantir que o prazo de proteção da patente seja aproveitado plenamente. Segundo a Lei de Propriedade Industrial, “[...] a patente de invenção vigorará pelo prazo de 20 anos, contados da data do depósito” (BRASIL, 1996, art. 40). Desse modo, é preciso iniciar o processo de TT tão logo o pedido seja depositado no INPI, de forma que a patente não fique “enclachada na prateleira” enquanto o prazo de proteção é consumido.

No caso estudado, verificou-se que as negociações com a Poiato Recicla duraram sete meses, sendo concluída em 2014, com a assinatura do contrato de licenciamento, portanto, decorridos 11 anos da data do depósito da patente. No caso em questão, restou menos da metade do prazo de proteção para que a universidade pudesse explorar os *royalties* da sua patente. E esse lapso temporal podia ser ainda maior, já que a TT só se iniciou devido ao interesse do empreendedor, que buscava uma tecnologia para melhorar seu processo produtivo.

Para viabilizar a TT, é necessário que a universidade assuma uma estratégia empreendedora (AGUSTINHO; GARCIA, 2018). Uma boa prática para maximizar a carteira de patentes da universidade é providenciar um estudo prospectivo sobre o mercado potencial de cada patente, procurando identificar quais empresas podem se interessar pela tecnologia e planejando estratégias assertivas para prospecção de futuros licenciados e apresentação da invenção. Nessa busca ativa, o NIT deve levar em consideração o TRL atual da invenção, a demanda potencial e a existência de tecnologias similares que podem impactar seu mercado. Segundo Closs e Ferreira (2012), o papel desempenhado pelos NITs vai além da gestão estrita da propriedade intelectual, incluindo objetivos mais amplos com atividades de gestão de projetos e de consultorias tecnológicas.

Finalizada a Etapa 1, com a prospecção dos interessados, deve-se seguir para a Etapa 2, com a avaliação preliminar de ambas as partes. Transferir tecnologia e *know-how* da pesquisa para indústria é um processo complexo, que envolve mútua cooperação e troca recíproca de informações entre os parceiros (AGUSTINHO; GARCIA, 2018). Essa fase envolve a análise prévia dos processos industriais do interessado, para identificação das lacunas e/ou necessidades de adaptação com vistas ao escalonamento da produção. A etapa se inicia com a formalização

de um termo de confidencialidade e elaboração de um plano de trabalho de escalonamento e transferência da tecnologia e *know-how*, que deve prever as atividades necessárias para a realização do teste da tecnologia em ambiente realístico. O planejamento deve incluir, por exemplo, o deslocamento dos pesquisadores para acompanhamento das atividades *in loco*, construção e/ou adaptação da planta industrial, aquisição de maquinários e insumos, prazos, metas, custos, além das responsabilidades de cada parte. Nessa etapa também devem ser elaborados estudos de viabilidade técnica e econômica da TT.

Continuando o processo de TT, a Etapa 3 serve para o escalonamento da tecnologia. Abrange o desenvolvimento das atividades previstas no plano de trabalho (feito na etapa anterior), que irá preparar a tecnologia para o ambiente operacional da empresa, ainda em menor escala, porém já com os maquinários e insumos que serão utilizados em grande escala. Os objetivos principais dessa fase são: i) avaliar a viabilidade da tecnologia na aplicação industrial; ii) confirmar o interesse de ambas as partes (universidade e empresa); e iii) definir os parâmetros a serem utilizados no licenciamento. Testar a tecnologia antes da formalização da TT permite identificar problemas de industrialização que não foram considerados até o pedido de registro da patente.

No caso estudado, por exemplo, antes do licenciamento, a tecnologia de reciclagem de bitucas só havia sido testada em quantidade laboratorial (alguns quilos), sendo que ao se experimentar a produção em escala industrial (toneladas), vários empecilhos produtivos foram encontrados. Tal dificuldade requereu apoio dos pesquisadores para ser superada, resultando em novos desenvolvimentos após o licenciamento, aprimorando a tecnologia para produção em larga escala juntamente à Poiato Recicla. Assim, para um processo de TT adequado, é importante realizar um estudo de escalonamento da tecnologia e garantir a efetiva participação do licenciado na melhoria da maturidade da tecnologia (escala de TRL).

Superado o escalonamento, inicia-se a Etapa 4, que contempla a precificação da tecnologia e a negociação de regras, direitos e obrigações do contrato de licenciamento. A valoração da patente começa com o levantamento de informações sobre o processo produtivo e o potencial de mercado, e pode levar em consideração *benchmarkings* de outros licenciamentos realizados pelo NIT e/ou outras universidades.

Deve-se evitar que a definição dos *royalties* seja puramente intuitiva. A realização do *trial* (etapa anterior), além de fornecer informações relevantes para a precificação, também permite o amadurecimento das partes para combinar os termos do contrato de licenciamento, de forma que ambas possam ajustar suas expectativas e alcançar uma partilha de benefícios mais justa (ganha-ganha).

Para a definição dos *royalties*, a depender do tipo e características da invenção, pode ser importante avaliar o modelo de negócio mais favorável para a aplicação industrial e comercial da tecnologia. Na patente estudada, por exemplo, o licenciamento se mostrou economicamente viável somente depois de sua compreensão dentro de um modelo de negócio com um arranjo mais complexo, do qual a tecnologia representa apenas uma pequena parte.

Muitas vezes, a universidade (inventores, NIT, jurídico) não entendem a complexidade do modelo de negócio que a patente está inserida, pois o arranjo produtivo pode precisar ser bastante inovador. Se isso acontece, é preciso muito diálogo e dados organizados para subsidiar as decisões. Assim, é aconselhável que o NIT envolva os pesquisadores na discussão dos

termos do contrato, especialmente no que tange às possibilidades de futuros desenvolvimentos da tecnologia para aplicação industrial em outros cenários. Também é interessante envolvê-los na determinação do valor dos *royalties*, que pode depender do modelo de negócio aplicado pelo interessado no licenciamento e pressupõe uma proposta de pagamento economicamente viável. Entendendo que existe elevada assimetria de informações entre NIT e interessado no licenciamento, a participação dos pesquisadores nas rodadas de negociação pode agregar uma articulação técnica e responsável capaz de reduzir os efeitos indesejados nessa assimetria.

Outro ponto de significativa importância é a definição do tipo de licenciamento escolhido. Licenciamentos não exclusivos (múltiplas empresas podem licenciar) podem favorecer uma disseminação mais rápida da tecnologia no mercado, enquanto licenciamentos exclusivos (apenas para uma empresa) permitem ao licenciado maior retorno no mercado. Do ponto de vista do detentor da patente, se, por um lado, os licenciamentos não exclusivos podem aumentar os ganhos econômicos com mais *royalties*, por outro lado, os licenciamentos exclusivos podem favorecer o desenvolvimento tecnológico progressivo da patente.

Assim, o tipo de licenciamento deve estar diretamente ligado ao grau de maturidade da tecnologia e ao potencial de exploração no mercado. Para TRLs mais baixos, que precisam da participação intensa e de investimento do futuro licenciado antes mesmo da produção em escala, faz sentido que as universidades garantam o licenciamento exclusivo. Do contrário, será mais rentável que o licenciamento de suas patentes seja não exclusivo. Ao final dessa etapa, o contrato de licenciamento é formalizado e se inicia a exploração comercial da patente.

A quinta e última fase da TT implica acompanhamento da produção da tecnologia durante a vigência do contrato de licenciamento. Pressupõe que os pesquisadores prestem assistência técnica e possam auxiliar no esclarecimento de dúvidas e/ou suporte técnico para o melhor aproveitamento da patente na geração de resultados comerciais. Envolve também o recebimento dos *royalties* estipulados no contrato de licenciamento.

É importante que haja o monitoramento do mercado em relação a possíveis quebras de patente por outras empresas e que isso seja realizado tanto pelo NIT quanto pelo licenciado, de maneira a exercer adequadamente o direito de ambas as partes. No caso estudado, a própria Poiato Recicla pediu a renegociação do contrato com o NIT da UnB, após verificar que os termos estabelecidos anteriormente estavam desfavoráveis. O prazo foi prorrogado, e os valores dos *royalties* foram redefinidos de maneira a refletir adequadamente o modelo de negócio que estava sendo seguido com a tecnologia.

Além disso, é essencial que o NIT acompanhe regularmente o licenciado e averigue o cumprimento dos termos do contrato pela outra parte, evitando problemas no recebimento de *royalties*, no uso da tecnologia, ou mesmo nos termos do contrato. Segundo Agostinho e Garcia (2018, p. 229):

A cooperação, oportuniza aos atores a estabelecer relacionamentos mais duradouros, a assunção conjunta dos riscos, a partilha dos resultados a prévia definição da titularidade da propriedade intelectual e da participação dos atores nos resultados da exploração das criações resultantes da parceira é um meio de atenuar a incompletude ocasionada pela incerteza. Nesse cenário, a institucionalização do processo de aprendizado é importante porque permite aos atores identificar seus interesses na relação de cooperação estabelecida.

Santana e Porto (2009 *apud* CLOSS; FERREIRA, 2012), em estudo multicasos realizado nos setores de equipamentos médicos, hospitalares e odontológicos em Ribeirão Preto, SP, mostraram alguns fatores que impactam negativamente o processo de TT das universidades para o setor empresarial, entre os quais, destacam-se: a excessiva burocracia universitária e a rigidez na regulamentação dos órgãos públicos, que sugere o desenvolvimento de relações informais entre pesquisadores e empresários na transferência de *know-how*; a falta de financiamento de protótipos que usualmente não está previsto nos projetos de fomento das pesquisas; e as dificuldades dos empresários em acessar tecnologias produzidas nas pesquisas universitárias.

4 Considerações Finais

A Transferência de Tecnologia (TT) é um dos recursos de difusão da inovação, inclusive de tecnologias sustentáveis e ambientalmente responsáveis. Este estudo analisou o caso de transferência de tecnologia, entre universidade e indústria, da patente PI 0305004-1, que trata do “Reaproveitamento de fibras de acetato de celulose e filtros de cigarro para obtenção de celulose e papel”. Este estudo de caso buscou evidenciar o processo de transferência de *know-how* realizado na patente em questão, destacando aprendizados e impactos observados pela universidade e pela empresa licenciada.

Este estudo apresentou a proposta de fluxo de processos de TT para Núcleos de Inovação Tecnológica das universidades, que envolve cinco etapas: 1) Prospecção; 2) Avaliação preliminar; 3) Escalonamento; 4) Negociação; e 5) Operação. Para cada fase, o artigo buscou apontar os procedimentos recomendados e as melhores práticas para adoção nos NITs.

Entre os pontos observados no estudo de caso, verificou-se que a transdisciplinaridade da equipe de pesquisadores contribuiu fortemente para o potencial criativo e a motivação dos alunos/professores na participação de atividades de P&D.

Outro ponto relevante foi o retorno financeiro com os *royalties*. Embora em alguns casos o valor recebido pelos pesquisadores possa ser pequeno, ainda é uma importante fonte de recursos externos para os laboratórios das universidades. Os *royalties* podem ser fontes de recursos adicionais muito úteis para serem reinvestidos em novas pesquisas.

No caso da Poiato e da patente de reciclagem de bitucas, fica evidenciado o benefício econômico e social gerado pelo licenciamento da tecnologia sustentável criada na Universidade de Brasília. É tecnologia da universidade pública sendo utilizada para disseminar e favorecer ações de sustentabilidade com diversas organizações no Brasil e com potencial de expansão internacional.

A TT permite que haja aumento de público que acessa tecnologias e vê resultado da universidade pública. Assim, esse modelo de difusão de inovação aumenta a visibilidade do impacto que a universidade tem para a sociedade, sendo esta financiadora a principal beneficiada pelo P&D gerado na universidade. No entanto, percebeu-se a dificuldade de divulgar e de tornar conhecidos os inventos e as criações dos pesquisadores no mercado. É preciso que as universidades façam uma divulgação mais extensiva das suas patentes para que otimizem seus ativos em novos contratos de licenciamento, gerando, assim, maior retorno à universidade e incentivando a inovação e o desenvolvimento econômico na sociedade.

5 Perspectivas Futuras

A continuidade deste estudo pode se dar na avaliação da efetividade do processo de transferência de tecnologia de universidades para indústrias tacitamente empregado pelos NITs brasileiros, de maneira a mapear possíveis lacunas no processo. Desse modo, é possível entender as características comuns que favorecem a TT, como a experimentada pela UnB e Poiato Recicla.

Além disso, a elaboração de outros estudos de caso de outros NITs pode trazer novas perspectivas sobre esse processo e apontar padrões, de maneira a facilitar a construção de um modelo metodológico com base nas melhores práticas identificadas por meio de meta-análises.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17000**: Avaliação da conformidade – Vocabulário e princípios gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

AGÊNCIA BRASIL. **Bitucas de cigarro somam maior lixo de praias brasileiras, diz estudo – ISTOÉ DINHEIRO**. 2020. Disponível em: <https://www.istoedinheiro.com.br/bitucas-de-cigarro-somam-maior-lixo-de-praias-brasileiras-diz-estudo/>. Acesso em: 27 abr. 2021.

AGÊNCIA USP DE INOVAÇÃO. **Relatório de Atividades 2017**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2017. Disponível em: http://www.inovacao.usp.br/wp-content/uploads/sites/300/2017/07/catalogo_PDF_DIGITAL-1.pdf. Acesso em: 10 mar. 2021.

AGUSTINHO, E. O.; GARCIA, E. N. Inovação, transferência de tecnologia e cooperação. **Direito e Desenvolvimento**, João Pessoa, v. 9, n. 1, p. 223-239, 2018. DOI 10.25246/direitoedesenvolvimento.v9i1.525. Disponível em: <https://periodicos.unipe.edu.br/index.php/direitoedesenvolvimento/article/view/525/547>. Acesso em: 10 maio 2021.

BRASIL. **Lei n. 9.279, de 14 de maio de 1996**. Brasília, DF: Presidência da República, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9279.htm. Acesso em: 28 abr. 2021.

BRASIL. **Lei n. 10.973, de 2 de dezembro de 2004**. Brasília, DF: Presidência da República, 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/L10.973compilado.htm. Acesso em: 27 abr. 2021.

CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J. “Mode 3” and “Quadruple Helix”: Toward a 21st century fractal innovation ecosystem. **International Journal of Technology Management**, [s.l.], v. 46, n. 3-4, p. 201-234, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1504/ijtm.2009.023374>.

CLOSS, L. Q.; FERREIRA, G. C. A transferência de tecnologia universidade-empresa no contexto Brasileiro: Uma revisão de estudos científicos publicados entre os anos 2005 e 2009. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 19, n. 2, p. 419-432, 2012. DOI 10.1590/S0104-530X2012000200014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2012000200014&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 10 maio 2021.

COSTA, T. H. G. R. da; DUARTE, M. A. B.; SUAREZ, P. A. Z. **Patente PI 0305004-1 – Reaproveitamento de Fibras de Acetato de Celulose e Filtros de Cigarro para Obtenção de Celulose e Papel**. Brasil, 6 out. 2003. Disponível em: [https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=645356&SearchParameter=PI 0305004-1&Resumo=&Titulo=](https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=645356&SearchParameter=PI%200305004-1&Resumo=&Titulo=). Acesso em: 28 abr. 2021

DIAS, F. R. *et al.* Análise prospectiva da patente “Reaproveitamento de fibras de acetato de celulose e filtros de cigarro para obtenção de celulose e papel” – PI 0305004-1. **Caderno de Prospecção**, Salvador, v. 11, n. 1, p. 51-63, 2018.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The Triple Helix—University-Industry-Government relations: A laboratory for knowledge based economic development. **EASST Review**, [s.l.], v. 14, p. 14-19, 1995. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/241858820_The_Triple_Helix_-_University-Industry-Government_Relations_A_Laboratory_for_Knowledge_Based_Economic_Development Acesso em: 10 maio 2021.

FARIAS, F. G. *et al.* Uma Década de Estudos sobre Economia Circular: Tendências e Reflexões Através de Análise Bibliométrica Internacional. **Internext**, [s.l.], v. 16, n. 3, p. 289-305, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.18568/internext.v16i3.647>. Acesso em: 22 abr. 2021.

FERNANDES, R. F. *et al.* Práticas de transferência de tecnologia: uma análise multicase. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 11, n. 5, p. 1.342, dez. 2018.

FERREIRA, C. L. D.; GHESTI, G. F.; BRAGA, P. R. S. Desafios para o processo de Transferência de Tecnologia na Universidade de Brasília. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 10, n. 3, p. 341, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.9771/cp.v10i3.22148>. Acesso em: 3 maio 2021.

G1 CE. **Mais de 5 toneladas de cigarros apreendidos em 2020 são incineradas pela Receita Federal no Ceará.** Ceará. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2021/01/26/mais-de-5-toneladas-de-cigarros-apreendidos-em-2020-sao-incinerados-pela-receita-federal-no-ceara.ghtml>. Acesso em: 27 abr. 2021.

HALL, B. H.; HELMERS, C. **The role of patent protection in (clean/green) technology Transfer Working Paper Series.** Cambridge, MA: [s.n.], 2018. Disponível em: <https://www.nber.org/papers/w16323>. Acesso em: 3 mar. 2021.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Instrução Normativa n. 70**, [s.l.], de 11 de abril de 2017.

KRUGER, S.; STEYN, A. A. Enhancing technology transfer through entrepreneurial development: practices from innovation spaces. **Journal of Technology Transfer**, [s.l.], v. 45, n. 6, p. 1.655-1.689, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10961-019-09769-2>. Acesso em: 12 maio 2021.

LESS, C. T.; MCMILLAN, S. **Achieving the Successful Transfer of Environmentally Sound Technologies: Trade-related Aspects.** [S.l.: s.n.], 2005. p. 1-37.

LEÓN, Lucas Pordeus. **Universidades públicas são campeãs de registro de patentes no Brasil.** [2020]. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/educacao/audio/2020-10/universidades-publicas-sao-campeas-de-registro-de-patentes-no-brasil>. Acesso em: 19 abr. 2021.

MANZOLI, L. **A história do executivo de vendas que enxergou nas bitucas de cigarro a oportunidade de um grande negócio.** 2015. Disponível em: <https://www.projetodraft.com/a-historia-do-executivo-de-vendas-que-enxergou-nas-bitucas-de-cigarro-a-oportunidade-de-um-grande-negocio/>. Acesso em: 28 fev. 2021.

MINEIRO, A. A. da C. *et al.* Da hélice tríplice a quádrupla: uma revisão sistemática. **E&G Economia e Gestão**, [s.l.], v. 18, n. 51, p. 77-93, 2018. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/economiaegestao/article/view/17645/14417> Acesso em: 10 maio 2021.

NAPOLI, T. de; SIEBRA, E.; GEISHOFER, R. Reciclagem transforma bituca de cigarro em celulose. **Rudge Ramos Jornal**, 15 Oct. 2010. Disponível em: www.metodista.br/rronline/rrjornal/2010/ed-952/reciclagem-transforma-bituca-de-cigarro-em-celulose Acesso em: 10 maio 2021.

NASSIF, V. M. J.; HASHIMOTO, M.; AMARAL, D. J. Autopercepção de Habilidades de Planejamento dos Empreendedores: Evidências de Empresários Brasileiro. **Revista Ibero-Americana de Estratégia**, [s.l.], v. 13, n. 4, p. 107-121, 2014.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 21**. Rio de Janeiro: CM-MED, 1992.

SILVA, T. G. E. *et al.* Economia circular: um panorama do estado da arte das políticas públicas no Brasil. **Revista Produção Online**, [s.l.], v. 21, n. 3, p. 951-972, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v21i3.4354>. Acesso em: 15 maio 2021.

UFRGS – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Decisão n. 016/2019**, de 11 de janeiro de 2019.

Sobre os Autores

Alessandra do Valle Abrahão Soares

E-mail: avalleas@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9031-5505>

Pós-graduada em gestão pública pela Fundação Getúlio Vargas em 2009.

Endereço profissional: Campus Universitário Darcy Ribeiro Edifício CDT, Brasília, DF. Caixa Postal: 04397. CEP: 70904-970.

Pedro Henrique de Castro Pires

E-mail: pedro.hc.pires@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7921-1593>

Especialista em gestão de negócios pelo IBMEC em 2015.

Endereço profissional: Campus Universitário Darcy Ribeiro Edifício CDT, Brasília, DF. Caixa Postal: 04397. CEP: 70904-970.

Lennine Rodrigues de Melo

E-mail: lennine.melo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0051-0249>

Doutor em Química pela Universidade de Brasília em 2019.

Endereço profissional: Campus Universitário Darcy Ribeiro Edifício CDT, Brasília, DF. Caixa Postal: 04397. CEP: 70904-970.

Grace Ferreira Ghesti

E-mail: ghesti.grace@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1043-5748>

Doutora em Química pela Universidade de Brasília em 2009.

Endereço profissional: Campus Universitário Darcy Ribeiro Edifício CDT, Brasília, DF. Caixa Postal: 04397. CEP: 70904-970.

APÊNDICE B – ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA E-TECH: TECNOLOGIAS PARA COMPETITIVIDADE INDUSTRIAL

Conhecimento tradicional e a biodiversidade brasileira: estratégia nacional de proteção intelectual

Resumo

Este estudo objetivou compreender como estão sendo abordadas as estratégias de proteção intelectual acerca do conhecimento tradicional e biodiversidade brasileira, com estudo da evolução histórica, legal e suas aplicações. A nova Lei da Biodiversidade representa o novo marco legal da biodiversidade brasileira e foi implementada com intuito de desburocratizar o acesso ao patrimônio genético nacional e ao conhecimento tradicional. O trabalho buscou em pesquisa bibliográfica e documental analisar as legislações nacionais e internacionais afetas ao assunto e demonstrar que a questão ainda é muito incipiente no Brasil. O estudo conclui que, por sermos um país de dimensão continental e com grande diversidade cultural, o tratamento conferido pela lei às comunidades tradicionais deve ser usado com um olhar para as especificidades de cada povo.

Palavras-chave: Conhecimento tradicional. Biodiversidade. Proteção intelectual.

DOI: <https://doi.org/10.18624/etech.v14i1.1130>

E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial, Florianópolis, v. 14 n. 1 (2021):
Tecnologia
(14 páginas)

CONHECIMENTO TRADICIONAL E A BIODIVERSIDADE BRASILEIRA: ESTRATÉGIA NACIONAL DE PROTEÇÃO INTELECTUAL

Alessandra do Valle Abrahão Soares¹
Karla da Costa Cartaxo Melo²
Rayane Nunes Souto³

RESUMO

Este estudo objetivou compreender como estão sendo abordadas as estratégias de proteção intelectual acerca do conhecimento tradicional e da biodiversidade brasileira, a partir de um estudo da evolução histórica, legal e suas aplicações. A nova Lei da Biodiversidade representa o novo marco legal da biodiversidade brasileira e foi implementada com o intuito de desburocratizar o acesso ao patrimônio genético nacional e ao conhecimento tradicional. O trabalho buscou, através de pesquisa bibliográfica e documental, analisar as legislações nacionais e internacionais sobre o assunto e demonstrar que a questão ainda é muito incipiente no Brasil. O estudo conclui que, por sermos um país de dimensão continental e com grande diversidade cultural, o tratamento conferido pela lei às comunidades tradicionais deve ser usado com um olhar para as especificidades de cada povo.

PALAVRAS-CHAVE: Conhecimento tradicional. Biodiversidade. Proteção intelectual.

1. Mestranda, e-mail: avalleas@gmail.com
2. Mestranda, e-mail: karlacartaxo4.0@gmail.com
3. Mestranda, e-mail: raynunes@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Conhecimento tradicional é uma temática bastante atual no Brasil e no mundo; ao contrário da sua essência, que envolve a ancestralidade, uma vez que é um conhecimento que surge da vivência de comunidades locais na interação com o meio ambiente e que é disseminado com ensinamentos seculares entre as gerações.

Conhecimentos tradicionais são entendidos, na literatura, como o conjunto de informações (saber) e práticas (saber-fazer) de comunidades específicas que vivem em estreita relação com o ambiente (indígenas, quilombolas, ribeirinhas, entre outras) e que podem se transformar em valor, associados ou não ao patrimônio genético (ZANIRATO; RIBEIRO, 2007; ELOY *et al.*, 2014; SILVA; SILVA, 2013; BOFF, 2015; RABBANI, 2016).

Nessa perspectiva, os conhecimentos tradicionais são aqueles transmitidos oralmente entre as gerações que descobriram e desenvolveram esse “saber” original diante da interação social e física do seu grupo sobre o meio em que vivem (BOFF, 2008; RABBANI, 2016). Dessa forma, três características são marcantes nos conhecimentos tradicionais, quais sejam: estão intimamente ligados a grupos tradicionais numa relação de codependência; são frutos da interação humana com o meio ambiente; e são construídos e mantidos a partir do convívio social do grupo.

Os conhecimentos tradicionais são gerados a partir da experiência, da transmissão de tradições e da observação de povos indígenas, seringueiros, agricultores, ribeirinhos, outros grupos, que vivem em estreita relação com o bioma que os cerca. Dado esse caráter empírico, os conhecimentos tradicionais são utilizados como ponto de partida (ou até como atalho) para direcionar pesquisas científicas que visem a

explorar o potencial (farmacológico ou comestível) de plantas e animais. Karam (2008) ressalta que a sofisticada perícia dos povos indígenas e de outros grupos étnicos minoritários em manejar recursos naturais e seu conhecimento relacionado à agricultura e à medicina formam uma valiosa matriz de tecnologias capaz de ser explorada e potencializada na busca por vias sustentáveis de desenvolvimento e na preservação da biodiversidade. Assim, pesquisadores e cientistas coletam recursos biológicos e passam a estudá-los com base no que observam no uso “tradicional” desenvolvido pelas comunidades locais ao longo de sua existência e tradição cultural.

Para entender melhor a implicação disso, é importante compreender as diferenças entre o conhecimento tradicional e o conhecimento científico.

Enquanto o conhecimento tradicional é “popular”, cumulativo, empírico, possui carga táctica, se constrói socialmente e se dissemina (e se mantém) oralmente entre os membros da comunidade e suas gerações (CASTELLI e WILKINSON, 2002 *apud* ELOY *et al.*, 2014), o conhecimento científico é extenso, explícito, objetivo, sequencial, sistemático, derivado da atividade de pesquisa e sujeito a verificações e comprovações (ELOY *et al.*, 2014).

Leite (2006 *apud* ELOY, 2014) explica que o conhecimento científico é formado a partir da aplicação de métodos confiáveis e de uma revisão crítica dos membros da comunidade científica, que, após sua publicação formal, passam a utilizar seus métodos e realizar novas experiências (pesquisas). Para Trujillo Ferrari (1982, p. 2), “A ciência é todo um conjunto de atitudes e de atividades racionais, dirigido

ao sistemático conhecimento, com objetivo limitado e capaz de ser submetido à verificação”.

ASSIM, O CONHECIMENTO TRADICIONAL FUNDAMENTA-SE, BASICAMENTE, EM QUESTÕES BASEADAS NOS COSTUMES E TRADIÇÕES, AO PASSO QUE O CONHECIMENTO CIENTÍFICO SE APOIA EM FATOS CIENTIFICAMENTE COMPROVADOS.

Segundo Boff (2015, p. 112), “ao associar o conhecimento tradicional ao científico, dá-se um grande passo para o êxito das pesquisas e essa prática pode levar ao patenteamento de produtos e processos”. Nesse sentido, o saber “popular”, apesar de surgir da experiência circunstancial, caracterizando-se como um conhecimento assistemático e ametódico e deve ser valorizado como base do conhecimento, especialmente por ter surgido antes mesmo da Ciência (RAMPAZZO, 2005 *apud* ELOY *et al.*, 2014, p. 191).

Entretanto, a dificuldade em determinar os limites entre o conhecimento tradicional e o conhecimento científico gera dúvidas acerca da apropriação dos bens considerados “patrimônio da humanidade”, como os recursos genéticos, no processo de desenvolvimento de novos produtos comerciais (BOFF, 2008, p. 67).

Nesse contexto, as grandes empresas de biotecnologia, frequentemente, apropriam-se do conhecimento tradicional para transformá-lo em produtos patenteados (às vezes em versões levemente modificadas), que serão potencialmente explorados sem a devida retribuição financeira aos povos tradicionais que livremente partilharam os mesmos produtos por toda a

história da humanidade (RIFKIN, 1999 *apud* BOFF, 2015, p. 115; ELOY *et al.*, 2014, p. 192).

Apesar de os países em desenvolvimento serem os principais fornecedores de recursos genéticos e conhecimentos tradicionais associados, a maioria dos direitos de propriedade intelectual sobre sementes e medicamentos está concentrada em países desenvolvidos. A escassez de recursos e investimentos em pesquisa dos países em desenvolvimento favorece esse cenário.

Por outro lado, países desenvolvidos possuem uma cultura de investimento em pesquisa e desenvolvimento e uma sólida estrutura de financiamentos e incentivos fiscais. Aliado a isso, tem-se a dinâmica de consolidação de mercados, por meio de aquisições e fusões de empresas internacionais de tecnologia de sementes, por exemplo, o que fomenta a disparidade.

Para reverter essa relação de exploração histórica – de um lado, os países ricos e desenvolvidos que oferecem/exploraram tecnologia e, de outro, os países pobres, subdesenvolvidos e/ou em desenvolvimento que fornecem os recursos naturais –, povos indígenas, comunidades tradicionais e governos têm exigido proteção de propriedade intelectual aos seus conhecimentos tradicionais, reivindicando-os como resultado da sua criatividade e inovação.

Em virtude da informalidade e novidade do tema, este artigo pretende identificar as formas de proteção jurídica dos conhecimentos tradicionais relacionados à biodiversidade, no âmbito nacional e internacional, e verificar como o arcabouço legal brasileiro, em especial o novo marco regulatório da biodiversidade – Lei n.º 13.123/2015 – tem tratado o acesso ao patrimônio genético e a repartição de benefícios na comercialização dos produtos resultantes dos recursos genéticos associados aos conhecimentos tradicionais.

2 DESENVOLVIMENTO

Nos últimos anos, os recursos genéticos e conhecimentos tradicionais têm sido um assunto bastante relevante e discutido mundialmente nas principais organizações multilaterais, como a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA, a Organização Mundial de Propriedade Intelectual – OMPI e a Organização Mundial do Comércio – OMC (ELOY *et al.*, 2014; GONÇALVES *et al.*, 2013).

Desde sua criação, em 1945, a UNESCO trata da proteção da natureza e, durante a década de 1980, assistiu a diversos movimentos ambientalistas e sociais se mobilizarem para induzir a formulação e elaboração de políticas ambientais.

Mas só em 1992, na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, ou Rio-92, que foi assinado o primeiro tratado multilateral para regular a conservação e o acesso aos recursos genéticos: a Convenção sobre Mudanças Climáticas e sobre Diversidade Biológica – CDB. O acordo, ratificado por mais de 160 países, reconheceu formalmente, pela primeira vez, o papel das comunidades tradicionais como protagonista na geração e manutenção do conhecimento tradicional, estabeleceu o princípio da soberania dos países sobre seus próprios recursos e instaurou um novo regime e um novo código de conduta (ZANIRATO *et al.*, 2007; GONÇALVES *et al.*, 2013).

Segundo Gonçalves *et al.* (2013, p. 2955), “somente após a Convenção sobre a Diversidade Biológica verificou-se o respeito à soberania de cada nação sobre o patrimônio genético existente em seu território”, refutando o conceito de “patrimônio da humanidade”. Nos termos da

CDB, as Partes têm “o direito soberano sobre seus recursos genéticos e a possibilidade de proibir o uso do direito de propriedade intelectual sobre organismos vivos” (ALMEIDA, 2002, p. 119 *apud* ZANIRATO *et al.*, 2007, p.46).

Diante desse posicionamento, que privilegia os países pobres, mas ricos em biodiversidade, muitos países desenvolvidos, detentores da esmagadora maioria das patentes, passou a ver com cautela as disposições da CDB e a pressionar a OMC para que a Organização instituisse uma norma sobre a proteção das propriedades intelectuais (CUNHA, 1999 *apud* ZANIRATO *et al.*, 2007, p. 45-46).

Após três anos da formalização da CDB, em 1995, surge o acordo dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados com o Comércio (TRIPS, na sigla em inglês), que garantia a internacionalização dos direitos de propriedade intelectual, independentemente do lugar que lhe tivesse dado origem, ou seja, uma patente concedida por um país membro da OMC teria que ser respeitada pelos demais.

O Acordo TRIPS, na visão de Boff (2008, p. 71), nada contemplou sobre os conhecimentos tradicionais, deixando a cargo dos países membros a proteção ou não de plantas e animais e dos processos para sua obtenção. Por sua vez, Zanirato *et al.* (2007, p. 46) registram que o TRIPS foi “patrocinado por grandes empresas para promover seu domínio tecnológico e obter expressivas margens de lucros por meio da instituição de monopólios”. Sob essa perspectiva, o TRIPS, estritamente um tratado comercial, tem objetivos puramente mercantilistas e foi criado para proteger e gerar enormes benefícios às grandes organizações privadas.

Na lição de Boff (2014, p. 115), “são frequentes as atuações de grandes empresas de biotecnologia que se apropriam de conhecimento para, após, repassá-lo de volta, a altos preços”. Porto-Gonçalves (2012 *apud* ELOY *et al.*, 2014) afirma que as grandes corporações têm buscado regras mais restritas para o patenteamento de produtos farmacêuticos para desconfigurar os sistemas de saúde autônomos das comunidades locais, transformando-os em consumidores obrigatórios de seus produtos.

Eloy *et al.* (2014, p. 195) alertam que “a generalização da propriedade privada sobre a biodiversidade, ou seja, a privatização da natureza, [...] é peça chave na constituição do capitalismo, uma vez que restringe o acesso aos bens ou recursos naturais”. Os autores ilustram, por meio de uma revisão da literatura, que os países desenvolvidos permanecem com os processos colonizadores do passado, subjugando os subdesenvolvidos ou em desenvolvimento e mantendo uma relação de exploração dos detentores de tecnologia em detrimento dos que ainda têm acesso aos recursos naturais.

Nesse ínterim, diante do anseio dos países pobres no reconhecimento de seus conhecimentos tradicionais como ativos de propriedade intelectual, a OMPI entendeu que a proteção intelectual deve salvaguardar os interesses do autor. Para tal, como aponta Zanirato *et al.* (2007, p. 53), “é preciso definir a autoria, a quem se destina os recursos da exploração comercial da criatividade cultural e estabelecer as condições de reparo no caso de uso inadequado da criatividade cultural”.

Diante de posições distintas quanto à proteção dos conhecimentos tradicionais, que resultam em choque de interesses, o tema permanece na arena de debates internacionais, vez ou outra sendo direcionado em determinados fóruns, como o da OMC, em detrimento de outros com

mais afinidade com o assunto, para salvaguardar interesses econômicos dos países desenvolvidos, como Estados Unidos, Comunidade Europeia, Japão e Canadá (KARAM, 2008).

Nesse contexto, alguns países têm criado seus próprios sistemas *sui generis* para proteger os conhecimentos tradicionais, utilizando os tipos de medidas, princípios e valores que constituem o sistema de propriedade intelectual, na tentativa de evitar apropriações indevidas desses ativos, como o aproveitamento do conhecimento de um remédio tradicional, por uma companhia farmacêutica, para o registro de uma patente de um novo medicamento.

2.1 Proteção intelectual dos conhecimentos tradicionais e da biodiversidade no Brasil

O Brasil, detentor da maior biodiversidade do planeta, estimada em 20% do número total de espécies existentes no planeta, conforme dados extraídos do site do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, s.d.), também tem buscado proteger seu patrimônio genético e seu valioso acervo de conhecimentos tradicionais associados ao uso e conservação dessa biodiversidade. Embora a legislação brasileira que trata do assunto seja recente, durante anos houve diversas discussões sobre como proteger os conhecimentos tradicionais.

Desde a Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), há previsão legal para proteger a biodiversidade nacional, com a instituição do direito de todos a um meio ambiente equilibrado, a proteção de manifestações das culturas populares, indígenas e afro-brasileiras, e das de outros grupos participantes do processo civilizatório nacional (art. 215, § 1.º), bem como a diversidade e a integridade do patrimônio genético do país (art. 225, § 1.º, II).

A Constituição Federal de 1988, ainda, protege o meio ambiente e os direitos indígenas nos seus artigos 210, 225 e 231, como segue:

Art. 210. Serão fixados conteúdos mínimos para o ensino fundamental, de maneira a assegurar formação básica comum e respeito aos valores culturais e artísticos, nacionais e regionais. § 2º O ensino fundamental regular será ministrado em língua portuguesa, assegurada às comunidades indígenas também a utilização de suas línguas maternas e processos próprios de aprendizagem.

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. § 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

II - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

§ 4º A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

Art. 231. São reconhecidos aos índios sua organização social, costumes, línguas, crenças e tradições, e os direitos originários sobre as terras que tradicionalmente ocupam, competindo à União demarcá-las, proteger e fazer respeitar todos os seus bens. (BRASIL, 2016, n.p.)

Porém, somente com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), instituído pela Lei n.º 9.985/2000 (BRASIL, 2000), é que surgiu na legislação brasileira a expressão “populações tradicionais”, sem definição delimitada, mas vinculada a um

conceito de “reserva de desenvolvimento sustentável”, que já apontava caminhos para a evolução legislativa de sua conceituação.

Poucos anos depois, foi instituída a Medida Provisória n.º 2.186-16 (BRASIL, 2001), em 23 de agosto de 2001, que criou o Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN). Mais tarde, essa MP foi revogada pelo novo Marco Legal da Biodiversidade, a Lei n.º 13.123/2015 (BRASIL, 2015), que trouxe mais proteção aos recursos genéticos e ao conhecimento tradicional associado, dispondo também sobre a obrigação de repartição dos benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade, até então inédita no país.

A MP 2.186-16/2001 já trazia previsão legal para tratar acerca da proteção ao conhecimento tradicional, como se observa:

CAPÍTULO III DA PROTEÇÃO AO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO

Art. 8º Fica protegido por esta Medida Provisória o conhecimento tradicional das comunidades indígenas e das comunidades locais, associado ao patrimônio genético, contra a utilização e exploração ilícita e outras ações lesivas ou não autorizadas pelo Conselho de Gestão de que trata o art. 10, ou por instituição credenciada.

§ 1º O Estado reconhece o direito das comunidades indígenas e das comunidades locais para decidir sobre o uso de seus conhecimentos tradicionais associados ao patrimônio genético do País, nos termos desta Medida Provisória e do seu regulamento.

§ 2º O conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético de que trata esta Medida Provisória integra o patrimônio cultural brasileiro e poderá ser objeto de cadastro, conforme dispuser o Conselho de Gestão ou legislação específica.

§ 3º A proteção outorgada por esta Medida Provisória não poderá ser interpretada de modo a obstar a

preservação, a utilização e o desenvolvimento de conhecimento tradicional de comunidade indígena ou comunidade local.

§ 4º A proteção ora instituída não afetará, prejudicará ou limitará direitos relativos à propriedade intelectual.

Art. 9º À comunidade indígena e à comunidade local que criam, desenvolvem, detêm ou conservam conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, é garantido o direito de:

I - ter indicada a origem do acesso ao conhecimento tradicional em todas as publicações, utilizações, explorações e divulgações;

II - impedir terceiros não autorizados de:

a) utilizar, realizar testes, pesquisas ou exploração, relacionados ao conhecimento tradicional associado;

b) divulgar, transmitir ou retransmitir dados ou informações que integram ou constituem conhecimento tradicional associado;

III - perceber benefícios pela exploração econômica por terceiros, direta ou indiretamente, de conhecimento tradicional associado, cujos direitos são de sua titularidade, nos termos desta Medida Provisória.

Parágrafo único. Para efeito desta Medida Provisória, qualquer conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético poderá ser de titularidade da comunidade, ainda que apenas um indivíduo, membro dessa comunidade, detenha esse conhecimento. (BRASIL, 2001, n.p.)

No entanto, em comparação à MP 2.186-16/2001, a Lei da Biodiversidade apresenta aspectos mais inovadores, entre eles, a desburocratização de procedimentos e a atualização do CGEN, que passou a ser constituído, na proporção 60-40%, por representantes de órgãos e entidades da administração pública federal e representantes da sociedade civil, com a participação do setor empresarial, academia e populações indígenas, comunidades tradicionais

e/ou agricultores tradicionais. A nova composição do CGEN foi muito importante para que a sociedade civil pudesse participar mais ativamente das discussões sobre o assunto e influenciar as políticas públicas por meio do voto nas deliberações do Conselho (BRASIL, 2001; BRASIL, 2015).

O CGEN, POR MEIO DE SUAS RESOLUÇÕES, ORIENTAÇÕES TÉCNICAS, ESTABELECE NORMAS E PROCEDIMENTOS COGENTES EM TODO O TERRITÓRIO NACIONAL RELACIONADOS ÀS QUESTÕES DE ACESSO AO PATRIMÔNIO GENÉTICO, SOBRE A PROTEÇÃO E O ACESSO AO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO E SOBRE A REPARTIÇÃO DE BENEFÍCIOS PARA CONSERVAÇÃO E USO SUSTENTÁVEL DA BIODIVERSIDADE.

Destaca-se que a regulamentação do novo marco legal só foi editada em 11 de maio de 2016, com a publicação do Decreto n.º 8.772/2016 (BRASIL, 2016). Nesse decreto, ficou estabelecida a criação do Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional (SisGen), um sistema eletrônico mantido e operacionalizado pela Secretaria-Executiva do CGEN.

A criação do SisGen é considerada uma inovação advinda da Lei da Biodiversidade e foi fundamental para realizar o gerenciamento do cadastro de acesso ao patrimônio genético ou ao conhecimento tradicional associado.

Esse sistema facilitou o tratamento e inserção dos dados, apesar de, no início de sua implementação, haver relatos sobre dificuldades de acesso, situação que hoje se encontra superada. Contudo, devido à sua simplicidade, não foi possível a inserção de uma série de funcionalidades necessárias e, em virtude dessa inexistência, várias situações de pesquisa foram postergadas para o SisGen Fase II.

Tem-se, como um exemplo prático, a impossibilidade de inclusão de registros nesse sistema para a situação em que se exija a inserção de três mil cepas de algum tipo de material genético. O sistema não comporta, gera erro, e fica impossível inserir uma cepa de cada vez, diante da enorme quantidade. Para minimizar essa situação, a solução foi construir uma planilha em Excel, da qual não se consegue fazer o upload para o sistema, mas é enviada diretamente a contatos do SisGen e lá eles fazem sobem os dados. Como consequência da não contemplação no sistema de todas as funcionalidades necessárias à pesquisa, muitos cadastros foram postergados para o SisGen Fase II.

O SISGEN É CONSIDERADO UM AVANÇO. O USUÁRIO CADASTRADO CONSEGUE FAZER ALGUMAS AÇÕES DIRETAMENTE NO SISTEMA, SEM A NECESSIDADE DE AUTORIZAÇÃO DO CGEN, E ISSO É UM REFLEXO DA PRÓPRIA LEGISLAÇÃO EM VIGOR.

Antes do advento da nova legislação, o procedimento consistia em, primeiramente, solicitar autorização, aguardar a resposta e, somente depois, iniciar a pesquisa. Com o SisGen, inicia-se toda a pesquisa direto no sistema. É possível pesquisar se existe publicação anterior, remessa de material, divulgação de resultados, exploração comercial e/ou depósito de patente.

A importância desse avanço se faz nas instituições públicas de pesquisa. Acordos de cooperação para o desenvolvimento de um ativo tecnológico não precisam aguardar a resposta do CGEN para sua execução. As atividades decorrentes desses arranjos podem ser executadas livremente e, somente após o resultado, caso seja necessário, se faz o cadastro no sistema.

Apesar de todas as facilidades e modernidades trazidas pela nova legislação, inexistente no ordenamento jurídico nacional um sistema de proteção legal que ampare o conhecimento tradicional de maneira eficiente.

Quando se fala em tutela da propriedade intelectual, recorre-se à Lei da Propriedade Industrial (Lei n.º 9.279/1996), Lei de Proteção de Cultivares (Lei n.º 9.456/1997), Lei de Direitos Autorais (Lei n.º 9.601/1998) e Lei do Software (Lei n.º 9.609/1998). Entretanto, nenhuma delas se presta à proteção do conhecimento tradicional e da biodiversidade brasileira. Na verdade, o art. 18 da Lei da Propriedade Industrial (BRASIL, 1996) é expresso em afirmar a impossibilidade de se patentear plantas, por exemplo.

Contudo, apesar de não estabelecer um regramento específico, a Lei n.º 13.123/2015 (BRASIL, 2015), que dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade, buscou de alguma forma proteger o conhecimento tradicional na medida em que estabelece no seu art. 8º o seguinte:

Art. 8º Ficam protegidos por esta Lei os conhecimentos tradicionais associados ao patrimônio genético de populações indígenas, de comunidade tradicional ou de agricultor tradicional contra a utilização e exploração ilícita (BRASIL, 2015, n.p.)

Foi além, inclusive, ao dispor sobre formas de exploração comercial e o ressarcimento pelo uso do conhecimento, como segue:

Art. 17. Os benefícios resultantes da exploração econômica de produto acabado ou de material reprodutivo oriundo de acesso ao patrimônio genético de espécies encontradas em condições **in situ** ou ao conhecimento tradicional associado, ainda que produzido fora do País, serão repartidos, de forma justa e equitativa, sendo que no caso do produto acabado o componente do patrimônio genético ou do conhecimento tradicional associado deve ser um dos elementos principais de agregação de valor, em conformidade ao que estabelece esta Lei.

§ 1º Estará sujeito à repartição de benefícios exclusivamente o fabricante do produto acabado ou o produtor do material reprodutivo, independentemente de quem tenha realizado o acesso anteriormente.

§ 2º Os fabricantes de produtos intermediários e desenvolvedores de processos oriundos de acesso ao patrimônio genético ou ao conhecimento tradicional associado ao longo da cadeia produtiva estarão isentos da obrigação de repartição de benefícios.

§ 3º Quando um único produto acabado ou material reprodutivo for o resultado de acessos distintos, estes não serão considerados cumulativamente para o cálculo da repartição de benefícios.

§ 4º As operações de licenciamento, transferência ou permissão de utilização de qualquer forma de direito de propriedade intelectual sobre produto acabado, processo ou material reprodutivo oriundo do acesso ao patrimônio genético ou ao conhecimento tradicional associado por terceiros são caracterizadas como exploração econômica isenta da obrigação de repartição de benefícios (BRASIL, 2015, n.p., grifo original).

No entanto, o desafio da lei é identificar os reais titulares desses direitos e para quem de fato devem ser revertidos os proveitos econômicos. Nessa perspectiva, precisar qual foi o fato específico gerador do conhecimento, que passa por inúmeras gerações, é uma tarefa difícil, sendo, em certa medida, impossível.

3 CONCLUSÃO

A pesquisa científica, motivada pela possibilidade de exploração econômica, diante dos resultados derivados de proteção da propriedade intelectual, fomenta países de diversas localidades do globo a se apropriarem do conhecimento tradicional, fazendo com que comunidades que há séculos se utilizam desse conhecimento não consigam revertê-lo em proveito econômico, preterindo investimentos e melhorias sociais que poderiam ser usufruídas em função desse conhecimento.

Ademais, diferentemente do conhecimento científico baseado em fatos cientificamente comprovados, em que facilmente é possível identificar autores, detentores e obtentores dessas informações, o conhecimento tradicional fica à margem. Quando se estabelece que esse conhecimento se baseia na herança das informações, transmitido por gerações, inserido, especialmente no caso do Brasil, dentro de um país megadiverso, percebe-se a dificuldade na comprovação de sua origem, o que facilita a apropriação indevida pela ganância de setores produtivos.

Esse artigo apresentou o tratamento dado à proteção jurídica sobre conhecimentos tradicionais nos mais importantes acordos internacionais que tratam do tema, como a CDB, o TRIPS e a OMPI, e nos sistemas nacionais, partindo-se da Constituição Federal de 1988, pela Lei de PI, Lei de Cultivares e Lei da Biodiversidade, e evidenciou as contradições e evoluções da estratégia nacional de proteção intelectual dos recursos genéticos brasileiros.

Como se observa, a inexistência de um sistema de proteção adequado, isto é, que garanta reconhecimento e retorno às populações tradicionais

pelo uso do seu conhecimento tradicional, privilegia os países estrangeiros na apropriação do conhecimento tradicional brasileiro, que será utilizado para explorar as riquezas da biodiversidade nacional sem o devido ressarcimento econômico às comunidades tradicionais.

Com efeito, além de o Brasil perder a oportunidade de desenvolver a economia nacional, as comunidades tradicionais brasileiras, que há séculos geram e utilizam esse conhecimento, são prejudicadas sem a reversão de proveitos econômicos para si e tendo suas condições sociais ainda mais precarizadas.

É IMPORTANTE REGISTRAR QUE O BRASIL TEM EVOLUÍDO PARA A PROTEÇÃO DOS CONHECIMENTOS TRADICIONAIS, MAS PRECISA AVANÇAR MAIS PARA QUE A APROPRIAÇÃO DESSE CONHECIMENTO NÃO PRIVILEGIE UM GRUPO PEQUENO. A PROTEÇÃO É IMPORTANTE SOB A ÓTICA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E PARA A CONTINUIDADE DO PROCESSO DE DISSEMINAÇÃO DESSE CONHECIMENTO POR GERAÇÕES.

De mais a mais, apesar dos avanços legislativos acerca da matéria, a tramitação da legislação dispensou a participação de povos indígenas e comunidades tradicionais em sua tramitação, deixando de ouvir os reais interessados e afetados com a publicação do texto normativo.

Nesse sentido, é fundamental que se busque um olhar mais estratégico e integrado sobre os instrumentos jurídicos e as políticas públicas para a tutela da biodiversidade e dos conhecimentos tradicionais associados.

Além disso, é imprescindível que as estratégias de desenvolvimento adotadas pelo Brasil possam harmonizar os interesses econômicos com aqueles dirigidos à conservação da biodiversidade e das comunidades tradicionais, uma vez que não são excludentes e nem contraditórios. Os resultados econômicos que podem ser revertidos para essas populações são importantes, mas a privatização de recursos naturais não é algo que se possa conceber. Por isso, ressalta-se a importância de se estabelecer critérios de proteção legal que abarquem todas essas variantes.



TRADITIONAL KNOWLEDGE AND BRAZILIAN BIODIVERSITY: A NATIONAL INTELLECTUAL PROTECTION STRATEGY

ABSTRACT

This study sought to understand how intellectual protection strategies are being approached regarding traditional knowledge and Brazilian biodiversity by analyzing its historical, legal evolution and its applications. The new national Biodiversity Law established a new legal framework for Brazilian biodiversity and aims at reducing bureaucratic access to national genetic heritage and traditional knowledge. The present study drew on bibliographic and documentary research to analyze national and international legislation related to the subject and demonstrate that the issue is still very incipient in Brazil. It concludes that, given Brazil's continental size and its great cultural diversity, said law, as regards traditional communities, should be applied with a view to the specificities of each people.

KEYWORDS: *Traditional knowledge.
Biodiversity. Intellectual Protection.*

REFERÊNCIAS

- BOFF, S. O. Direitos intelectuais sobre conhecimentos tradicionais. *Revista do Programa de Pós-graduação Mestrado Doutorado Universidade Santa Cruz do Sul*, n. 29, p. 67-76, jan./jun. 2008.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 22 set. 2020.
- BRASIL. *Decreto n.º 2.519, de 16 de março de 1998*. Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada no Rio de Janeiro, em 05 de junho de 1992. Brasília, DF: Presidência da República, [1998]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2519.htm. Acesso em: 18 set. 2020.
- BRASIL. *Decreto n.º 8.772, de 11 de maio de 2016*. Regulamenta a Lei n.º 13.123, de 20 de maio de 2015, que dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/decreto/D8772.htm. Acesso em: 22 set. 2020.
- BRASIL. *Lei n.º 13.123, de 20 de maio de 2015*. Regulamenta o inciso II do § 1º e o § 4º do art. 225 da Constituição Federal, o Artigo 1, a alínea j do Artigo 8, a alínea c do Artigo 10, o Artigo 15 e os §§ 3º e 4º do Artigo 16 da Convenção sobre Diversidade Biológica, promulgada pelo Decreto n.º 2.519, de 16 de março de 1998; dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade; revoga a Medida Provisória n.º 2.186-16, de 23 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2015]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13123.htm. Acesso em: 22 set. 2020.
- BRASIL. *Lei n.º 9.279, de 14 de maio de 1996*. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Brasília, DF: Presidência da República, [1996]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19279.htm. Acesso em: 20 out. 2020.
- BRASIL. *Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000*. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 22 set. 2020.

BRASIL. *Medida Provisória n.º 2186-16, de 23 de agosto de 2001*. Regulamenta o inciso II do § 1º e o § 4º do art. 225 da Constituição, os arts. 1º, 8º, alínea “j”, 10, alínea “c”, 15 e 16, alíneas 3 e 4 da Convenção sobre Diversidade Biológica, dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado, a repartição de benefícios e o acesso à tecnologia e transferência de tecnologia para sua conservação e utilização, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2001]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/2186-16.htm. Acesso em: 18 set. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Biodiversidade*. Brasília: MMA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade>. Acesso em: 11 de ago. de 2020.

ELOY, C. C.; VIEIRA, D. M.; LUCENA, C. M.; ANDRADE, M. O. Apropriação e proteção dos conhecimentos tradicionais no Brasil: a conservação da biodiversidade e os direitos das populações tradicionais. *Gaia Scientia*, v. Populações Tradicionais, p. 189-198, 2014.

GONÇALVES, A. *et al. A gestão da propriedade intelectual nas instituições de fomento à ciência, tecnologia e inovação*. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), 2013.

KARAM, F. H. *Conhecimentos tradicionais, propriedade intelectual e política externa brasileira*. Dissertação (mestrado), Universidade Estadual de Campinas, 2008.

RABBANI, R. M. R. O conhecimento tradicional no ordenamento jurídico brasileiro: o ser humano como parte do meio ambiente. *Revista Direito Ambiental e Sociedade*, v. 6, n. 1, p. 157-176, 2016.

SILVA, J. E.; SILVA, M. V. V. A possibilidade da proteção do conhecimento tradicional através dos mecanismos de propriedade intelectual. *In: XXII Encontro Nacional do CONPEDI/UNINOVE*. São Paulo, nov. 2013. *Anais...* Paulo (SP): Universidade Nove de Julho, 2013.

TRUJILLO FERRARI, A. *Metodologia da pesquisa científica*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982.

ZANIRATO, S. H.; RIBEIRO, W. C. Conhecimento tradicional e propriedade intelectual nas organizações multilaterais. *Ambiente & Sociedade*, v. 10, n. 1, p. 39-55, jun. 2007.

SOBRE AS AUTORAS



**Alessandra do Valle
Abrahão Soares**

Mestranda em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação na Universidade de Brasília (UnB). MBA em Marketing pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Especialização em Gestão Pública pela União Pioneira de Integração Social (UPIS). Graduada em Comunicação Social pelo Centro de Ensino Unificado (CEUB). Tem experiência no setor público e privado em áreas ligadas à estratégia, planejamento, gestão, comunicação, governança e inovação. Atualmente, atua como gestora pública no Governo do Distrito Federal e realiza atividades de ensino e consultoria técnica em temas como: planejamento estratégico; elaboração, gestão e avaliação de projetos; mapeamento, redesenho e monitoramento de processos; gestão de contratos; governança corporativa, *compliance* e gestão de riscos. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9031-5505>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2887918315172549>.



**Karla da Costa Cartaxo
Melo**

Mestranda em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (PROFNIT/UnB). Graduada em Direito (UDF) com Especialização em Direito Previdenciário (ILFG). Desde 2011, atua no corpo jurídico da Embrapa, especificamente na área de propriedade intelectual e inovação. Em 2018, passou a compor o Núcleo de Inovação Tecnológica da Embrapa, para suporte jurídico em inovação e negócios.



Rayane Nunes Souto

Mestranda em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação na Universidade de Brasília (UnB). Graduada em Secretariado Executivo pela Universidade Paulista (UNIP). Atualmente, dedica-se à capacitação e consultoria empresarial no IEL/DF. Cooperou na implementação do Núcleo de Gestão da Inovação do IEL e atuou como Consultora em Gestão da Inovação e Gestora de Projetos do Sistema FIBRA. Sólida experiência em gestão, elaboração de projetos e prestação de contas.

APÊNDICE C – ARTIGO PUBLICADO NA XXI MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO

Modelo de negócio Five-V aplicado em laboratório de inovação

Resumo

Objetivo: apresentar uma concepção de laboratório de inovação do setor público, utilizando a ferramenta de modelo de negócio denominada Five-V, que tem como referência cinco drivers de valor: proposta de valor, segmento de valor, configuração de valor, rede de valor e captura de valor. Métodos: foi realizado levantamento bibliográfico de 43 laboratórios de inovação do setor público no Brasil, e a partir dos dados aplicou a ferramenta de modelo de negócio Five-V, onde se estabeleceu um padrão para cada driver de valor dentre as características mais relevantes observadas nesses laboratórios. Resultados: foi proposto um modelo de negócio para um laboratório de inovação do Governo do Distrito Federal com estrutura adequada, uma concepção de laboratório de inovação ágil, estabelecendo interfaces com agentes do ecossistema de inovação, atuando sinergicamente para arrecadar fundos e outras fontes de recursos, focado na ampla participação popular e disseminação de instrumentos de avaliação coletiva. Conclusão: Os drivers de valor da ontologia Five-V ajudam a dar configuração ao modelo de negócio, permitindo que os gestores avaliem potenciais conflitos ou sinergias entre eles e tenham visão sistêmica do negócio para balizar estratégias mais eficientes para a inovação.

Palavras-chave: Laboratório de inovação. Setor público. Modelo de negócio. Ontologia FIVE-V.

Link:

<http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/mostraucsppga/xximostrappga/paper/view/7184>

XXII Mostra de Iniciação Científica, Pós-graduação, Pesquisa e Extensão da Universidade de Caxias do Sul, novembro, 2021.

(16 páginas)

Modelo de Negócio Five-V Aplicado em Laboratório de Inovação

Alessandra do Valle Abrahão Soares, Alan Elvis de Lima, Eduardo Magalhães Teixeira,
Gisele Cavalcante, Sonia Marise Salles de Carvalho

RESUMO

Objetivo: apresentar uma concepção de laboratório de inovação do setor público, utilizando a ferramenta de modelo de negócio denominada Five-V, que tem como referência cinco drivers de valor: proposta de valor, segmento de valor, configuração de valor, rede de valor e captura de valor. **Métodos:** foi realizado levantamento bibliográfico de 43 laboratórios de inovação do setor público no Brasil, e a partir dos dados aplicou a ferramenta de modelo de negócio Five-V, onde se estabeleceu um padrão para cada driver de valor dentre as características mais relevantes observadas nesses laboratórios. **Resultados:** foi proposto um modelo de negócio para um laboratório de inovação do Governo do Distrito Federal com estrutura adequada, uma concepção de laboratório de inovação ágil, estabelecendo interfaces com agentes do ecossistema de inovação, atuando sinergicamente para arrecadar fundos e outras fontes de recursos, focado na ampla participação popular e disseminação de instrumentos de avaliação coletiva. **Conclusão:** Os drivers de valor da ontologia Five-V ajudam a dar configuração ao modelo de negócio, permitindo que os gestores avaliem potenciais conflitos ou sinergias entre eles e tenham visão sistêmica do negócio para balizar estratégias mais eficientes para a inovação.

Palavras-chave: Laboratório de inovação. Setor público. Modelo de negócio. Ontologia Five-V.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por serviços públicos, crise fiscal e modelo gerencial em declínio forçam uma nova postura do Estado. A inovação passa a ser compreendida como uma necessidade nos principais instrumentos de planejamento governamental. Nesse contexto, os laboratórios de inovação apresentam-se como ambientes propícios para promover a inovação no setor público.

No Plano Estratégico do Distrito Federal (PEDF) 2019-2060 (DISTRITO FEDERAL, 2019), a inovação se sobressai como uma das principais ferramentas para se atingir as metas e os objetivos da Agenda 2030. Entretanto, o Distrito Federal (DF) carece de uma estrutura específica para agir diretamente no “Redesenho de processos de forma a mitigar a burocracia e fomentar a inovação para melhoria dos resultados das políticas públicas.” (DISTRITO FEDERAL, 2019).

Essa lacuna motivou os estudos aqui apresentados, na medida em que se vislumbra que a implantação de um laboratório de inovação no setor público (Lisp) poderia incrementar a capacidade de inovação do DF e entorno. O novo Lisp, estruturado e otimizado a partir das experiências de outras iniciativas semelhantes no Brasil, auxiliariam na solução dos desafios enfrentados para tornar as políticas públicas mais adequadas aos anseios e necessidades do cidadão, sobretudo no cenário de restrições fiscais enfrentado pelo governo.

Apesar de o DF possuir um Lisp em operação na área de saúde, os demais eixos temáticos do PEDF 2019-2060 (DISTRITO FEDERAL, 2019), quais sejam “Gestão e Estratégia”, “Segurança”, “Educação”, “Desenvolvimento Econômico”, “Desenvolvimento Social”, “Desenvolvimento Territorial” e “Meio Ambiente”, não possuem ambientes específicos que promovam a geração e a implementação de inovações.

De acordo com Sano (2020), os Lisp constituem espaço próprio, diferenciado da estrutura original na qual se inserem, onde o governo age de maneira colaborativa com a sociedade civil e com o setor empresarial na busca por soluções criativas para melhoria na gestão governamental e nas políticas públicas.

Segundo levantamento de Sano (2020), há quarenta e três laboratórios de inovação no setor público em atividade no Brasil, vinculados aos poderes Executivo, Legislativo e Judiciário das três esferas de governo, além do Ministério Público e universidades públicas. Cada laboratório conta com objetivos e características próprias que variam de acordo com o desenho de seu modelo de negócios.

Por constituírem representações que descrevem a “Lógica de criação, entrega e captura de valor por parte de uma organização.” (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011, p. 14), os modelos de negócios podem ser utilizados para se estudar as diferentes propostas de atuação dos Lisp, sobretudo porque estes apresentam “missões bem diversificadas, variando, entretanto, em combinações de estrutura, autonomia, foco e ferramentas” (Tonurist et al., 2015 citado em CAVALCANTE et al., 2017, p. 27).

Nesse contexto, Geissdoerfer, Savaget e Evans (2017) defendem que “cada vez mais as organizações entendem que o atendimento a suas ambições de sustentabilidade requer não apenas novas tecnologias, mas também inovação no nível do modelo de negócios”. Atendendo a essa tendência, Taran, Nielsen, Montemari, Thomsen e Paolone (2016) desenvolveram a ferramenta Five-V, que pretende auxiliar no redesenho de um modelo de negócios, inovando em sua forma de atuação e em sua entrega de valor.

Diante da oportunidade de se implantar um Lisp no DF e a necessidade de se inovar nos modelos de negócios ora em uso, surge a seguinte pergunta de pesquisa: no contexto de um modelo de negócios, que dimensões de valor poderiam ser incorporadas em um laboratório de inovação a ser implantado no Governo do Distrito Federal? Para responder a essa questão, foi conduzida uma pesquisa de objetivo exploratório, com abordagem qualitativa e técnica de pesquisa bibliográfica, a partir do estudo de teorias relacionadas à inovação, empreendedorismo, laboratórios de inovação e modelos de negócios.

O artigo está organizado em cinco seções, assim divididas: a primeira apresenta um panorama conceitual sobre inovação no setor público e suas implicações no contexto do DF. A segunda discorre sobre o panorama dos laboratórios de inovação no setor público em atuação no Brasil. A terceira detalha definições relacionadas aos modelos de negócios e à ferramenta de inovação em modelos de negócios denominada Five-V. Por fim, são apresentadas as conclusões e contribuições inovadoras do artigo para o ecossistema de inovação do DF e entorno.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INOVAÇÃO NO SETOR PÚBLICO

Os estudos de Schumpeter (2003) abordaram que a inovação seria o ato de fazer algo diferente no plano econômico, o que tenderia a refletir em novos resultados. Nessa linha, o processo dinâmico de substituição tecnológica se denominaria “destruição criadora”. Conforme a análise schumpeteriana, houve motivações quanto à prática da inovação, demonstrando que as inovações resultariam em ganhos econômicos e fortalecimento da competitividade

Segundo Bessant e Tidd (2019, p. 10) a inovação importa, mas não acontece automaticamente. Ela é movida pelo empreendedorismo, uma mistura potente de visão, paixão, energia, entusiasmo, *insight*, bom senso e o bom e velho esforço, que permitem que as ideias se transformem em realidade.

Dentro desse contexto, o empreendedorismo e a gestão da inovação contribuem para que haja condições favoráveis à mudança, permitindo que os atores envolvidos façam a inovação aparecer.

Para Bessant e Tidd (2019, p. 11), existem três conceitos fundamentais:

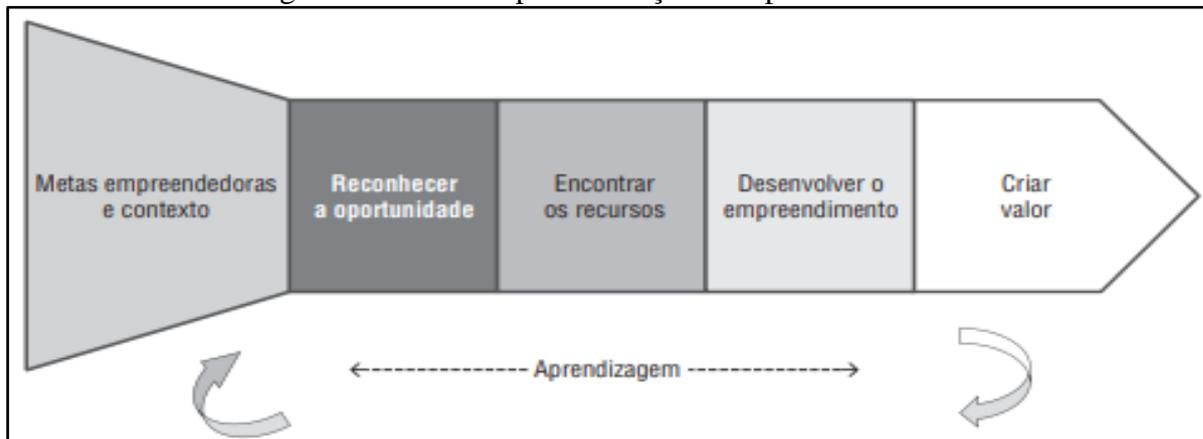
- Inovação: como um processo pode ser organizado e gerenciado, seja ele em um empreendimento recém-fundado ou uma empresa centenária.
- Empreendedorismo: como a força motriz que move esse processo por meio dos esforços de indivíduos entusiasmados, equipes engajadas e redes focadas.
- Criação de valor: como o propósito para a inovação, seja ela expressa em termos financeiros, emprego ou crescimento, sustentabilidade ou de melhoria do bem-estar social.

Nesse sentido, a inovação pode ser entendida como um resultado do empreendedorismo, podendo ser mensurada a partir do valor que gera, seja em riquezas (recursos monetários, por exemplo) ou desenvolvimento econômico, ambiental ou social.

Bessant e Tidd (2019, p. 21) propõem um modelo para processo da inovação e empreendedorismo em quatro passos principais, conforme mostrado na Figura 1:

- (1) Reconhecer a oportunidade - podem ter forma de novas oportunidades tecnológicas, referem-se aos gatilhos de inovação;
- (2) Encontrar os recursos - escolhas de estratégias;
- (3) Desenvolver a ideia - tornar ideias potenciais em algum tipo de realidade;
- (4) Capturar valor - capturar aprendizagens valiosas sobre como expandir a capacidade de inovação.

Figura 1 – Processo para inovação e empreendedorismo



Fonte: Bessant, J., & Tidd, J. (2019).

Esse esquema permite compreender que a inovação e o empreendedorismo se desenvolvem a partir de uma análise do contexto atual, a partir de um olhar aguçado que identifique potencialidades e viabilize a criação de novos cenários favoráveis para a geração das ideias inovadoras.

O processo de inovação reflete toda a trilha de aprendizagem, visto que podem haver novas possibilidades de melhoria, uma nova visão quanto aos riscos e estratégias envolvidos nos recursos, a dimensão dos desdobramentos das ideias e a reflexão de como pode ser criado valor dentro da prática inovadora utilizada.

Na percepção de Osborne e Brown (2012), com foco no setor público, a inovação significa a introdução de novos elementos em um serviço público, na forma de novos conhecimentos, nova organização, nova habilidade de gestão e/ou novos procedimentos.

As políticas públicas voltadas para à inovação abarcam a teoria dos Sistemas de Inovação (SI), sendo definidas por Cassiolato e Lastres (2005, p. 37) como:

[...] um conjunto de instituições distintas que contribuem para o desenvolvimento da capacidade de inovação e aprendizado de um país, região, setor ou localidade – e também o afetam. Constituem-se de elementos e relações que interagem na produção, difusão e uso do conhecimento.

De acordo com Cavalcante, Camões, Cunha e Severo (2017) essa abordagem coloca ênfase na interação dos atores e das instituições, observando processos interativos tanto na criação do conhecimento como em sua difusão e aplicação. Para os autores, seriam princípios fundamentais que norteiam os processos de inovação no setor público a interação, colaboração, tentativa-erro, foco no conhecimento e perspectiva de longo prazo na maturação das inovações. Como veremos, estes aspectos constituem um dos principais focos dos laboratórios de inovação no setor público (Lisp).

2.2 LABORATÓRIOS DE INOVAÇÃO NO SETOR PÚBLICO (LISP)

Acevedo e Dassen (2016) consideram os Lisp como uma resposta aos desafios de inovação no setor público que atuam nos processos de inovação, gestão de programas, desenvolvimento de plataformas tecnológicas, ideação de soluções, análise de dados, pesquisas e apoio a empreendedores. Segundo os autores, que desenvolveram uma pesquisa em treze Lisp de países da América do Sul para o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), a maioria dos Lisp apresentariam os objetivos e características listadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Objetivos e características dos Lisp

OBJETIVOS GERAIS	CARACTERÍSTICAS COMUNS
<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver inovações específicas • Promover ambiente inovador no Estado • Incorporar tecnologias na adm. pública • Modernizar os processos na adm. pública • Gerar novas formas de comunicação • Gerar mecanismos de participação cidadã • Abrir os dados da administração pública 	<ul style="list-style-type: none"> • Internalização dos riscos das invenções • Uso de metodologias de experimentação, adoção rápida de projetos piloto e avaliação de impacto • <i>Know how</i> em tecnologias digitais e ciência de dados • Equipe multidisciplinar • Colaboração e visão holística dos problemas • Envolver os cidadãos no processo • Criar um ambiente de inovação na adm. pública

Fonte: Adaptado de Acevedo, S., & Dassen, N. (2016).

Como se pode depreender dos dados da Tabela 1, os objetivos e características dos Lisp apontam para uma atuação ampla, não só no fomento às inovações e à melhoria nos processos, mas, sobretudo, na criação de um ambiente e uma cultura de inovação nas instituições às quais o laboratório está vinculado.

No Brasil, diversas iniciativas têm ganhado destaque, tanto no âmbito federal quanto estadual e municipal. O estudo de Sano (2020), que realizou um mapeamento de 43 Lisp nacionais, afirma que os laboratórios podem ser utilizados como ferramenta estratégica do governo, na medida em que “fazem parte da estratégia de inovação das organizações e sua criação vem se somar à busca por melhorias na gestão, nos serviços públicos ou nas políticas públicas”. Dentro dos critérios de classificação da pesquisa de Sano (2020), foram mapeados os Lisp em todas as esferas de governo, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Localização dos laboratórios de inovação no setor público brasileiro

Poder ou Instituição	FEDERAL		ESTADUAL		MUNICIPAL		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Poder Executivo	12	28	7	16	3	7	22	51
Poder Judiciário	11	26	1	2	-	-	12	28
Poder Legislativo	3	7	1	2	-	-	4	9
Ministério Público	1	2	2	5	-	-	3	7
Universidade pública	2	5	-	-	-	-	2	5
TOTAL GERAL	29	67	11	26	3	7	43	100

Fonte: Sano, H. (2020).

No âmbito estadual, encontram-se ativos, no momento da pesquisa, o total de onze Lisp, conforme listado na Tabela 3:

Tabela 3 – Lisp estaduais

LABORATÓRIO	PODER	UF	VINCULAÇÃO	CRIAÇÃO
LAEP	Executivo	RJ	Casa Civil e Governança	2019
INOVA – MPRJ	Minis. Público	RJ	Ministério Público do RJ	2019
Epicentro	Executivo	ES	Banco Desenvolvim. ES	2018
Escritório de Inovação	Judiciário	RO	TJ Rondônia	2018
MPLabs MPPE	Minis. Público	PE	Ministério Público de PE	2018
Lab InovaSES	Executivo	DF	Secretaria de Saúde do DF	2018
Labhinova	Legislativo	DF	Câmara Legislativa do DF	2017
LAB.ges	Executivo	ES	Secretaria Gestão e RH	2017
HUBSSP/SC	Executivo	SC	Sec. Segurança Pública	2017
LabGJU	Executivo	SP	Cia. do Metrô de SP	2017
Sala de Inovação	Executivo	MG	Cia. de TI de MG	2017

Fonte: Adaptado de Sano, H. (2020).

Dos dados apresentados na Tabela 3, verifica-se que há dois Lisp no Distrito Federal: Lab InovaSESⁱ e Labhinovaⁱⁱ, criados em 2017 e 2018, respectivamente, e que têm atuação restrita a uma área específica, quais sejam a saúde e divulgação de informações do poder legislativo.

Via de regra, os processos de criação dos Lisp obedecem a uma lógica top-down, em que a partir de uma decisão da cúpula dos gestores, esses laboratórios passam a ser o foco das iniciativas traçadas pelas organizações. A maioria dos laboratórios é criada por ato normativo formal, possuem espaços físicos próprios, possuem equipes multidisciplinares e seus recursos advém dos orçamentos das próprias organizações. Todavia, existe percepção da necessidade de diversificação das fontes para potencializar a atuação dos laboratórios (Sano, 2020).

Na pesquisa de Sano (2020), verificou-se que os laboratórios visam atender demandas internas como apresentar soluções para gestão e ações voltadas para a melhoria e concretização de políticas públicas, deixando em segundo plano o atendimento ao público externo. Existe evidente preocupação de os Lisp proverem soluções inovadoras e buscarem constantemente o engajamento dos atores no processo de ideação. Nota-se uma preocupação de se instaurar processo de inovação aberta, com a efetiva difusão dos valores de cocriação no âmbito das organizações às quais estejam vinculadas.

Entretanto, para Sano (2020), observa-se baixo nível de interação dos laboratórios com as universidades e outros órgãos do setor público. Salienta-se a atuação dos laboratórios na difusão e fomento da cultura de inovação, com a aceitação dos riscos, incertezas e

falibilidade do processo de inovação e na busca de soluções. O autor ressalta, ainda, que pontos negativos adicionais referem-se a algumas dificuldades em relação à cultura interna das próprias organizações, falta de visibilidade das ações, equipes reduzidas, orçamento restrito, alternância política, desconhecimento do processo de cocriação, baixa tolerância a erros, resistência interna a mudanças, dentre outros fatores (SANO, 2020).

Diante desse cenário é importante desenvolver estratégias para implementar um modelo de negócio adequado e otimizado para um laboratório de inovação, conforme proposto no tópico a seguir.

2.3 MODELOS DE NEGÓCIO E A FERRAMENTA FIVE-V

Dentre as diversas conceituações e abordagens possíveis para modelos de negócio (*business model* - BM), destaca-se a conceituação proposta por Fiel (2013) que, ao analisar diversos artigos sobre o tema, sintetizou a expressão modelo de negócio como sendo a lógica de valor de uma organização em termos de como ela cria e captura o valor do cliente e pode ser representado de forma concisa por um conjunto interrelacionado de elementos que tratam do cliente, proposta de valor, arquitetura organizacional e dimensões econômicas.

O *Business Model Canvas* é uma das mais conhecidas abordagens de modelos de negócio, desenvolvido por Osterwalder e Pigneur (2011), que se baseia no preenchimento coletivo de um *Canvas* (quadro ou pano de fundo), sobre o qual vão sendo colocadas referências visuais, em pedaços de papel colante, que auxiliam uma abordagem holística e narração de histórias (FINOCCHIO JÚNIOR, 2013).

O *Canvas* centra-se no *design* e na inovação, sendo crucial para o desenvolvimento e popularização das diversas abordagens incidentes sobre os Modelos de Negócio. Na sequência e com espeque ainda nos estudos de Fiel (2013), pode-se registrar outras abordagens importante dos modelos de negócio tais como *Business Model Ontology* (OSTERWALDER, 2004), Modelos de Quatro Caixas (JOHNSON, 2010), bem como os modelos propostos por Chesbrough e Rosenbloom (2002), em que cada qual com sua peculiaridade procura propor aspectos específicos sobre o tema.

Para auxiliar os gestores em um ambiente de competição acentuado a partir dos anos de 1990, Taran et al. (2016) desenvolveram uma ferramenta denominada *Five-V* para permitir o redesenho e a inovação do modelo de negócios de um empreendimento. Eles utilizaram uma abordagem sistematizada na revisão de literatura e, tomando por base a validade e confiabilidade dos artigos selecionados como critério de escolha, selecionaram configurações de *Business Models* (BM) existentes para montar uma lista estruturada.

No total, mais de 120 artigos foram prospectados e examinados em uma primeira fase. Depois de um trabalho de discussão em grupo, uma lista inicial de 97 configurações de BM foi erigida e, a partir dela, as diversas configurações foram padronizadas com o uso da estrutura da metodologia *Canvas*. Após estudos mais aprofundados e a retirada de redundâncias, a lista final comportou 71 configurações de BM. A partir desta lista, e levando em conta as inconsistências e a ausência de alinhamento de categorias encontradas na literatura estudada, os autores propuseram a criação de *clusters* de configurações, ou seja, grupos categorizados, com base em uma característica comum: seus direcionadores de valor (*value drivers*).

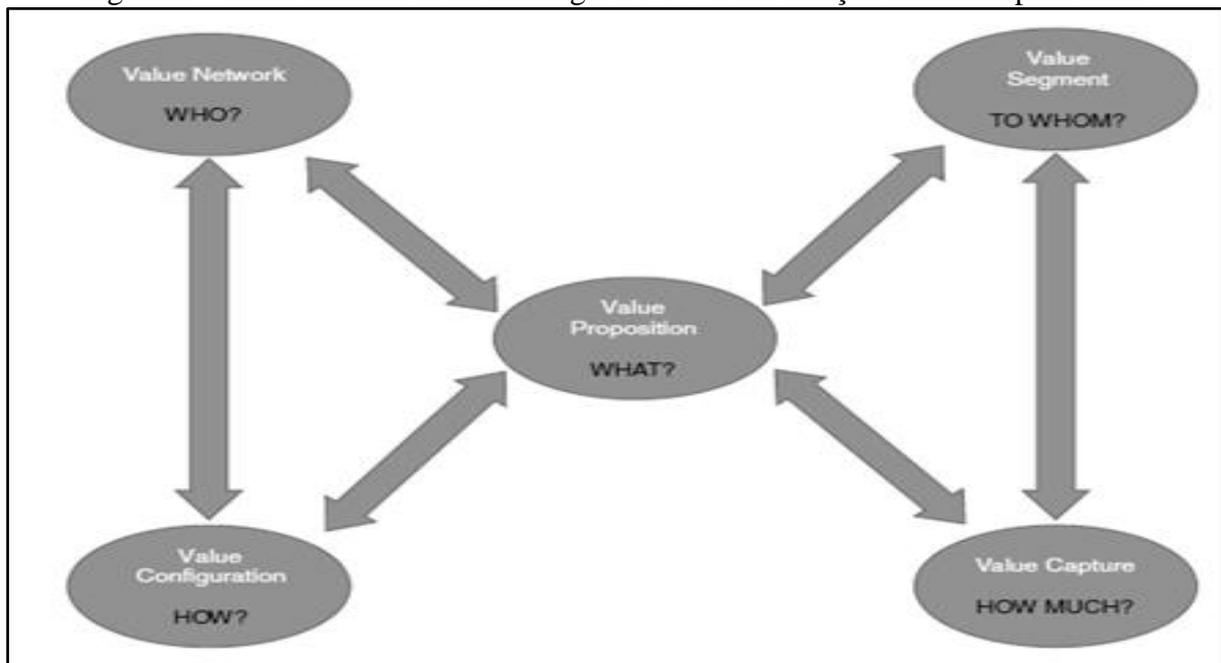
Os direcionadores de valor, como fontes de diferenciação entre as empresas, podem ser definidos como qualquer fator que aumenta o valor total criado e entregue por uma empresa, ou seja, uma atividade-chave, competência ou atributo que é considerado crítico ou responsável pelo sucesso de uma organização (Amit & Zott, 2001; Zott, Amit & Massa, 2011; Montemari & Nielsen, 2014 citado em TARAN et al., 2016).

A utilização dos direcionadores de valor permitiu também o desenho de dois

processos: o primeiro para identificar os tipos de categorias de BM e o segundo para agrupar as várias configurações naqueles grupos distintos de categorização, usando uma matriz de dependência direta. Nesta matriz, as 71 configurações de BM foram listadas e relacionadas às categorias de direcionadores de valor previamente obtidas na revisão da literatura, identificando, para cada configuração de BM, qual o seu direcionador de valor chave. Posteriormente, aquela lista mais ampla de direcionadores de valor foi agrupada e reduzida para cinco grupos de valor, que serviu de inspiração para o nome da ferramenta - *Five-V* (TARAN et al., 2016). São eles:

- (1) Proposta de valor: a oferta de produtos e serviços prestados aos clientes e que pelos quais eles estão dispostos a pagar;
- (2) Segmento de valor: o segmento ou parcela de clientes alvo que a empresa busca atender;
- (3) Configuração de valor: a combinação eficiente de recursos chave (pessoal, infraestrutura, recursos financeiros, etc.), atividades-chave (produção, vendas, atendimento, logística, etc.) e canais de distribuição necessários para criar e entregar a proposta de valor para o segmento de valor selecionado;
- (4) Rede de valor: identifica a rede de parceiros, construída em diferentes tipos de cooperação com a empresa, com o objetivo de alcançar economia de escala, redução de risco e/ou aproveitamento de novos conhecimentos ou recursos; e
- (5) Captura de valor: como e quanto os clientes estão dispostos a pagar pelos produtos e serviços ofertados pela empresa.

Figura 2 – Cinco dimensões da ontologia *Five-V* e sua relação de interdependência



Fonte: Taran et al. (2016).

Observa-se na Figura 2 que a inovação da ontologia *Five-V* se baseia na correlação dos principais *drivers* do modelo de negócio e como eles agregam valor à organização, permitindo, assim, que os gestores avaliem potenciais conflitos ou sinergias entre os vários fatores e alinhe o processo de gestão do modelo de negócio como um todo.

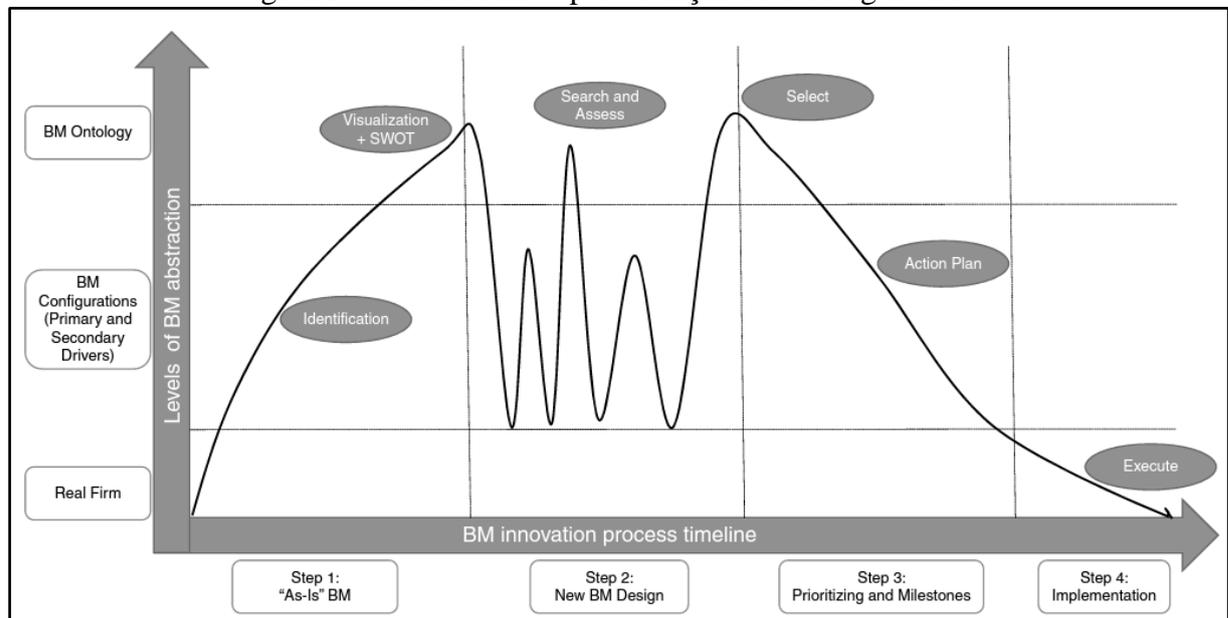
Para operacionalizar a implementação da metodologia *Five-V* no processo de inovação do modelo de negócios de uma empresa, Taran et al. (2016) propõe quatro etapas:

- Passo 1 - BM atual (*Step 1 - "As is" BM*): identificar o modelo de negócio atual. A partir do *driver* de valor principal, deve-se reconhecer os *drivers* de valor secundários,

visualizando o BM atual sob a perspectiva das cinco categorias do *Five-V*. Após, realiza-se uma análise *SWOT* (*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*) para apurar minuciosamente o contexto interno e externo da organização, com o levantamento das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças que envolvem o modelo de negócio;

- Passo 2 - Novo design do BM (*Step 2 - New BM Design*): desenvolver um modelo de negócio alternativo, a fim de resolver problemas existentes e/ou aproveitar oportunidades mapeadas. Tomando por base a análise *SWOT*, realiza-se um processo não estruturado, altamente criativo, que busca explorar novas configurações, envolvendo vários níveis de abstração do modelo de negócio;
- Passo 3 - Priorização e marcos importantes (*Step 3 - Prioritizing and Milestones*): escolher prioridades em cada uma das cinco dimensões de valor do *Five-V*, criar marcos ou pontos de controle e preparar um plano de ação para alterar o BM existente; e
- Passo 4 - Implantação (*Step 4 - Implementation*): elaborar um plano de execução detalhado para implantar o novo BM.

Figura 3 – Processo de implementação da ontologia *Five-V*



Fonte: Taran et al. (2016).

Verifica-se na Figura 3 que esse modelo oferece uma ferramenta articulada para os profissionais inovarem o modelo de negócio de suas empresas, baseando-se no agrupamento das várias configurações possíveis de um modelo de negócio nas cinco categorias supracitadas: proposta de valor, segmento de valor, configuração de valor, rede de valor e captura de valor.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Considerando a finalidade do estudo que sugere a proposta de criação de um novo laboratório de inovação para o DF, optou-se por realizar uma pesquisa de natureza aplicada no GDF, a partir da análise *SWOT* dos ambientes internos e externos do GDF, com uma abordagem qualitativa e objetivo exploratório e descritivo, a partir da técnica de revisão bibliográfica. A perspectiva qualitativa permite que se compreenda melhor um fenômeno a partir do seu contexto e do qual é parte, viabilizando uma análise de maneira mais integrada (GODOY, 1995).

Desse modo, foram utilizadas as seguintes bases de dados para a prospecção do tema central da pesquisa: *Google Scholar*, *SciELO* e a ferramenta de busca da Biblioteca Central da UnB (BCE), que acessa inúmeras bases. Dentre os artigos prospectados, destacam-se os estudos de Taran et al. (2016) e Sano (2020), que descrevem, respectivamente, a nova ontologia de modelos de negócios FIVE-V e uma descrição dos laboratórios de inovação no setor público existentes no cenário brasileiro.

A partir das informações encontradas na literatura, foram delineadas as características principais de um laboratório padrão de inovação governamental que funcionará como modelo de negócio no caso em tela.

Com base nos conceitos e metodologia proposta por Taran et al. (2016), foi elaborado um *template*, utilizando a filosofia do *design thinking*, para aplicação dos cinco drivers de inovação - FIVE-V - em um processo estruturado de análise do modelo de negócio fixado. Na sequência, foi utilizada essa ferramenta para melhorar o modelo de negócio prospectado com vistas à proposição de um novo laboratório de inovação para o Governo do Distrito Federal.

4 RESULTADOS, DISCUSSÕES E IMPLICAÇÕES

Conforme descrito no item 2.3, a primeira fase da aplicação da metodologia Five-V consiste em duas ações: i) identificar o BM atual e ii) elaborar uma análise *SWOT*. Aqui é importante registrar que a ferramenta foi inicialmente desenhada para inovar modelos de negócio de empresas já estabelecidas, objetivando melhorar a sua competitividade no mercado a partir da evolução de um ou mais de seus *drivers* de valor. Como este estudo visa a proposição de um novo laboratório de inovação no setor público (Lisp) para o Governo do Distrito Federal (GDF), portanto, uma estrutura inexistente atualmente, optou-se por elencar as características “médias” dos Lisp em operação no Brasil e, a partir de um modelo de negócio representativo, utilizar o *Five-V* para propor um BM inovador para o novo Lisp.

Dessa forma, faz-se necessário, inicialmente, a análise e definição de cada um dos *drivers* previstos na ferramenta e a apresentação do modelo de negócios “médio” encontrado nos Lisp em operação.

4.1 BM ATUAL NAS PERSPECTIVAS DE VALOR DO FIVE-V

De acordo com Sano (2020), os Lisp podem ser definidos como “ambientes colaborativos que buscam fomentar a criatividade, a experimentação e a inovação, por meio da adoção de metodologias ativas e da cocriação, na resolução de problemas”, que realizam diversas atividades que variam de acordo com seus objetivos: desenvolvedores e criadores de inovações, facilitadores, educadores e arquitetos. Cada um desses objetivos se relaciona a uma proposta de valor diferente, a depender do foco do laboratório de inovação, que poderia estar direcionado à (ao):

- Criação de soluções para a gestão pública, seja por melhoria de métodos e processos ou pela introdução de novas tecnologias;
- Desenvolvimento das políticas públicas; ou
- Incentivo à divulgação de informações ao cidadão e o incremento de sua participação na coisa pública.

Poderia, ainda, atuar de maneira mais ampla, agindo indistintamente nas várias áreas de atuação governamental, ou em setores específicos, como a saúde, turismo ou transparência pública, no executivo, legislativo ou judiciário. Sano (2020) destaca, ainda, que os Lisp adotam uma abordagem centrada no usuário e com elevado nível de colaboração com sua rede de facilitadores.

Sendo assim, pode-se inferir que os Lisp apresentam, em média, a seguinte proposta de valor relacionada: promover soluções inovadoras e centradas no usuário para problemas e desafios na gestão governamental, nas políticas públicas e na participação do cidadão na coisa pública, a partir do fomento à colaboração, criatividade, experimentação e inovação.

Sano (2020), ao analisar as diversas definições existentes na literatura para os Lisp, destaca que os mesmos possuem em comum a “interlocução com a sociedade civil e com o setor empresarial” na busca por soluções para as políticas públicas. Essa constatação alinha-se à definição que a Unicef (2012, p. 12) apresenta para um Lisp como “um espaço e um conjunto de protocolos para envolver jovens, tecnólogos, setor privado e sociedade civil na solução de problemas”.

Ainda segundo Sano (2020, p. 30), a maior parte dos Lisp “tem como preocupação atender os desafios de sua própria organização, seja na área de gestão ou nas áreas específicas de políticas públicas nos quais atuam”. Dessa forma, o segmento de valor, que em geral atuam os Lisp, pode ser sintetizado como órgãos governamentais no escopo de atuação do laboratório e a população atendida pelos serviços e políticas públicas do ente governamental a que o Lisp está vinculado.

A configuração de valor está relacionada à estratégia para promover e estimular a inovação. Com relação aos métodos utilizados, há menção ao *design thinking*, *design sprint*, métodos ágeis, imersão ágil, design centrado no ser humano, mínimo produto viável, design participativo, *wicked problems*, design especulativo, design feminino, *sense making*, *brainstorming*, *scrum*, *design science research*, etnografia e *canvas*. Além da ideação, os Lisp também apóiam a realização das atividades de implementação das soluções propostas (SANO, 2020).

Dessa forma, vislumbra-se que a configuração de valor de um Lisp padrão é gerar ideias inovadoras com apoio de metodologias ágeis para gestão de projetos e uso de ferramentas integradas e participativas de ideação e implementação que otimizam o potencial da equipe, tais como o *design thinking*, *design sprint* e design centrado no ser humano.

A rede de valor está relacionada aos parceiros que se envolvem em diferentes tipos de cooperação com a organização. Segundo Sano (2020), os Lisp se engajam no processo de inovação junto a vários atores, como a sociedade civil e o setor privado. Para Tonurist et al. (2015 citado em 2017), os Lisp trabalham diretamente para ou com o órgão governamental a que estão ligados, constituindo aquele não apenas um cliente, mas também um parceiro. Salientam, ainda, que a rede de participantes externos à organização de origem dos Lisp é formada por diversos atores, destacando-se os departamentos ministeriais, unidades em nível administrativo local e regional, entidades privadas e supranacionais.

Acevedo e Dassem (2016), da mesma forma, apresentam um conjunto de organizações e entes que interagem com os Lisp, destacando que estes têm por ênfase o trabalho em rede. Como principais parceiros dos Lisp, se sobressairiam o setor privado, organizações não governamentais (ONGs), universidades e outras entidades de governo. Pode-se concluir que os Lisp apresentam a seguinte rede de valor: setor privado, as ONG, a academia e outras entidades de governo.

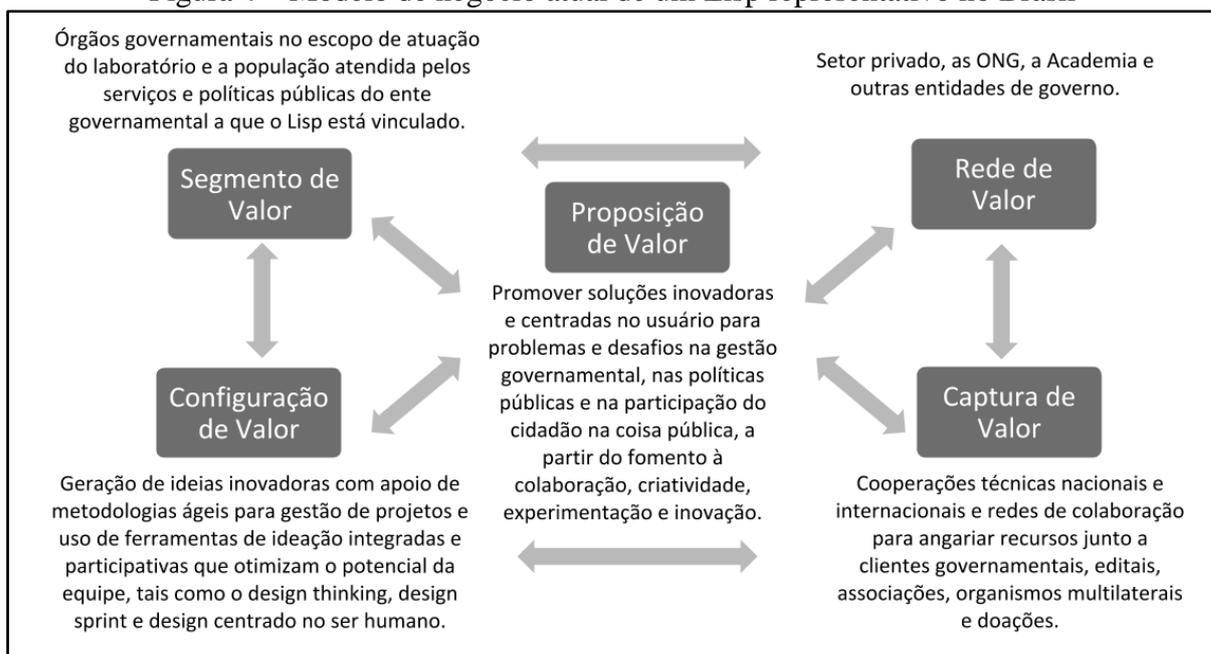
O dispêndio de um cliente apresenta diferenças se o serviço é oferecido por uma entidade pública ou privada, tendo em vista que os custos de um Lisp são, ao menos em parte, arcados pela unidade governamental a que está vinculada. Consequentemente, já ocorre o “pagamento” dos serviços prestados pelos Lisp via impostos. Entretanto, maximizar a utilização dos recursos orçamentários e reduzir a participação do investimento público no laboratório por meio de parcerias reveste-se de importância crítica para potencializar a sua atuação.

Na pesquisa de Sano (2020), conclui-se que a maior parte dos Lisp “depende dos

recursos da própria organização ao qual está vinculada”, e que a captação de recursos ocorre por “clientes governamentais que solicitam projetos, editais, associações, organismos multilaterais e doações”. Por conseguinte, a captura de valor de um Lisp está relacionada a cooperações técnicas nacionais e internacionais e redes de colaboração para angariar recursos junto a clientes governamentais, editais, associações, organismos multilaterais e doações.

Na Figura 4, apresenta-se uma representação ilustrativa das cinco categorias de valor para o BM atual de um Lisp padrão.

Figura 4 – Modelo de negócio atual de um Lisp representativo no Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2 ANÁLISE SWOT DE UM LISP REPRESENTATIVO NO BRASIL

A partir deste ponto, a metodologia prevê a análise do modelo de negócios atual por meio da aplicação da matriz *SWOT*. Neste estudo, a análise foi realizada a partir das características gerais dos Lisp coletadas na pesquisa bibliográfica, que serviram para o mapeamento do BM atual supracitado.

Os cinco drivers de valor foram descritos na matriz *SWOT*, apresentada na Tabela 4, de forma conjunta com as ameaças e oportunidades do ambiente externo que se estabelecem em seis segmentos incidentes sobre a atuação do laboratório, como fatores de ordem político-legal, ambiental, sociocultural, tecnológico e econômico.

Tabela 4 – Matriz *SWOT* de um laboratório de inovação no DF

AMBIENTE INTERNO		
	FORÇAS	FRAQUEZAS
1. Proposição de valor	Alta demanda / intensificação do uso de tecnologia no setor público (<i>welfare state</i>)	Dificuldade de difundir a cultura da inovação em um ambiente com forte aversão ao risco. Baixa tolerância ao erro no âmbito administrativo. Ausência de foco.

2 Segmento de valor	Instituições consolidadas e com forte representatividade no âmbito do Distrito Federal.	Os atores são instituições autônomas e possuidoras de regramento próprio, o que exige uma coordenação complexa e burocrática para realização de projetos inovadores.
3. Configuração de valor	Uso de metodologias mais modernas e participativas. Ambiente favorável para a ideação e implementação das inovações.	Ausência de orçamento dedicado (concorrência com outras rubricas de despesa). Ausência de quadro de pessoal próprio, carência de profissionais qualificados (impossibilidade de remanejamentos internos). Estrutura de governança complexa, difusa e sobreposta (vários atores atuando no tema, ausência de hierarquia, indefinições na matriz de responsabilidade, falta patrocínio político).
4. Rede de valor	Temática da inovação perpassa a missão institucional das entidades parceiras e, portanto, torna-se nítido o interesse convergente para atuação dos atores.	Inexistência de ferramentas de compartilhamento de ideias, responsabilidades e interesses entre os agentes envolvidos, o que dificulta a coordenação e articulação das ações.
5. Captura de valor	Potencialidade de desenvolvimento de mecanismos que gerem receita e/ou reduzam custos (mais eficiência) a partir das inovações e/ou de parcerias com empresas, associações, organismos multilaterais.	Risco de insucesso em razão da própria natureza da atividade de inovação e dificuldade de levantar investimentos para financiar os projetos tecnológicos e/ou inovadores em decorrência da estrutura burocrática do orçamento público e déficit fiscal.

AMBIENTE EXTERNO

	AMEAÇA	OPORTUNIDADE
1. Político-Legal	Inexistência de interesse e/ou descontinuidade do laboratório.	Brasília como cidade síntese do futuro (arquitetura moderna, organizada, à frente do seu tempo). DF como centro do país – representações políticas, legislativas, judiciárias e internacional (sedes administrativas). Mesmo governo para dois entes - estado e município.
2. Ambiental	Ausência de parque industrial consolidado ou de desenvolvimento de inovação.	Posicionar o DF nos cenários nacional e mundial na implementação da Agenda 2030.

3. Sócio-Cultural	Expectativa da população para atuação administrativa previsível e sem falhas. Comportamento cultural avesso ao risco.	Consolidação do conceito de <i>smart cities</i> (cidades inteligentes), como instrumento estratégico para planejamento e gestão de cidades (novas dimensões para a implantação de políticas públicas).
4. Tecnológico	Ausência de dados estruturados mínimos para implementação dos serviços digitais.	Transformação digital dos serviços públicos (e-gov).
5. Econômico	Crises fiscal e econômicas externas. Redução da capacidade de investimento de P&D do setor público e privado.	Experimentar/prototipar inovações em escala piloto (erro e aprendizado); Compartilhamento de responsabilidades entre o setor público, academia e setor privado (parcerias público-privado, modelo de inovação da hélice tríplice).
6. Demográfico	Exclusão digital da baixa renda. Direcionamento das ações de inovação para segmentos mais beneficiados em decorrência da facilidade de acesso e comunicação.	Ampliar os canais de comunicação com a população, tais como aplicativos, parcerias com institutos de pesquisa, redes sociais e plataformas interativas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3 NOVO MODELO DE NEGÓCIO DO LISP PARA O DF

A partir desse cenário, torna-se possível aplicar o novo design para o BM do Lisp idealizado, com espeque na estruturação desenhada pelo modelo *Five-V*.

A existência de um Lisp no DF sob a forma de um programa se apresenta como medida importante para captar ou desenvolver soluções criativas para a gestão e prestação de serviços públicos no âmbito de todos os órgãos administrativos do Distrito Federal. O Laboratório poderá promover a colheita de ideias e de proposições relevantes para problemas práticos observados por todo o ecossistema administrativo e a população diretamente afetada. A partir da análise dessa demanda, será possível refletir e propor medidas alternativas, seja de caráter incremental ou mesmo inovador, no intuito de promover soluções passíveis de serem implementadas para problemas concretos identificados. Assim, **a nova proposição de valor é: fortalecimento da inovação para o setor público.**

A concepção do Lisp constituído por intermédio de um programa de caráter flexível, ao invés de uma estrutura clássica formal e administrativa, poderá superar diversos problemas de ordem burocrática e orçamentária, que podem limitar sua atuação. Portanto, a partir dessa modelagem mais ágil, que permite a utilização de figuras contratuais e/ou de parcerias com entes públicos e privados, o laboratório poderá se livrar das amarras do regime jurídico-administrativo estrito e terá, ao menos em tese, a possibilidade de obter receita e interagir de forma efetiva, seja com os diversos órgãos públicos interessados ou, ainda, com empresas e cidadãos que desejem se valer das inovações propostas. Dessa forma, **o novo segmento de valor é: melhor interface com os agentes envolvidos.**

A veiculação das iniciativas do Lisp por intermédio da internet e a opção de modelagem contratual/parceria flexível acabam por auxiliar e estimular o atingimento do ideal de participação conjugada dos diversos atores descritos no modelo de quádrupla hélice -

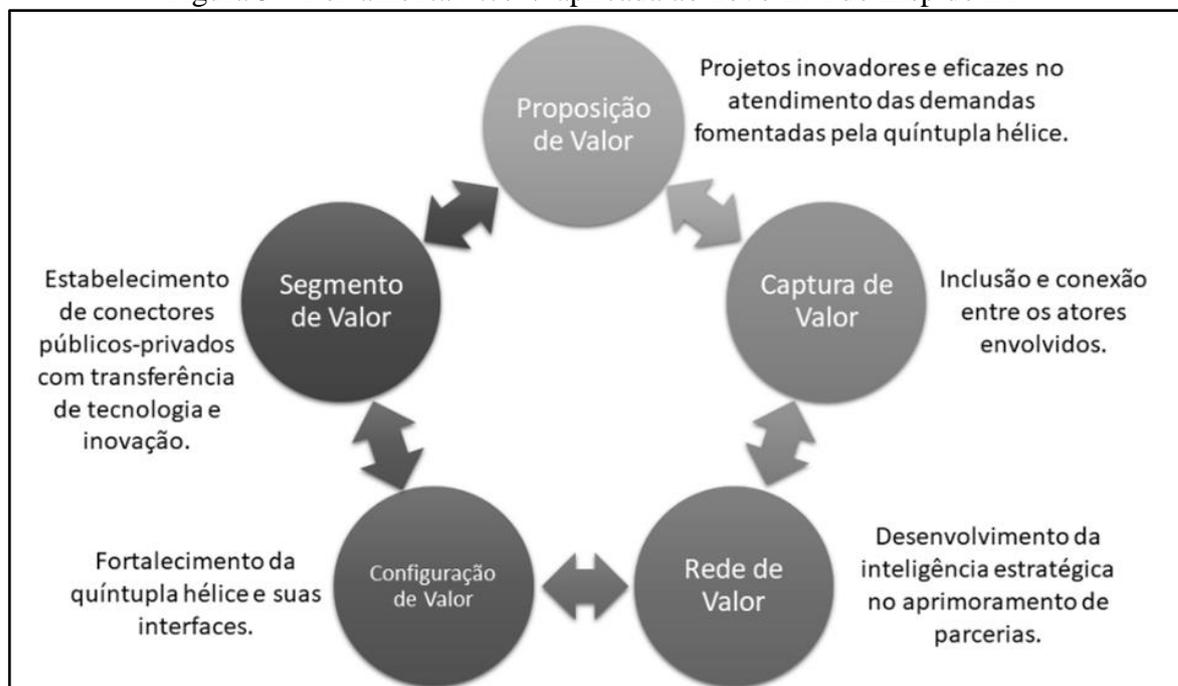
governo, empresa, universidade, sociedade e meio ambiente. Essa concepção de atuação visa estimular a complementaridade de participação, com ênfase no amplo acesso e livre apresentação de iniciativas, o que configura claro estímulo para que o maior número de *players* influencie de forma efetiva no processo de construção de soluções inovadoras. Conseqüentemente, **a nova configuração de valor é: estímulo à ampla participação.**

A capilaridade na difusão e captação de iniciativas entre todos os atores envolvidos no processo de inovação realizada pelo Lisp representa uma tendência determinante para o aumento do número de propostas e de soluções para os problemas identificados. Nesse viés, a configuração de uma atuação em rede permitirá de forma efetiva o aumento das iniciativas e colheita de maior número de opiniões, dados e análises, o que representará forte incremento na conexão entre os atores e melhor aproveitamento da sinergia entre eles. Destarte, **a nova rede de valor é: inclusão e conexão entre os atores envolvidos.**

O êxito na atuação do Lisp poderá andar de forma síncrona com a potencialidade de arrecadação de receitas e/ou diminuição de custos para os agentes envolvidos no processo. Na medida em que o Laboratório sugere soluções inovadoras para problemas reais identificados, agregando a ideia de custo-benefício, obtenção de receitas ou, ainda, redução de dispêndios públicos, sua atuação passa ser mais prestigiada e o valor produzido se torna mais perceptível ao público interessado. De igual sorte, caso as inovações idealizadas sejam factíveis, poderá haver atração de investimentos privados e/ou de parcerias estratégicas para a ampliação da carteira de projetos, com ganho para ambas as partes, e otimização de uma atuação sinérgica entre os entes públicos e privados. Deste modo, **a nova captura de valor é: novas fontes de arrecadação e atuação sinérgica (ganho para ambas as partes).**

Na Figura 5, estão representados os cinco drivers de valor do Five-V aplicados ao novo modelo de negócio do laboratório de inovação proposto para o Distrito Federal.

Figura 5 – Ferramenta *Five-V* aplicada ao novo BM do Lisp do DF



Fonte: Elaborado pelos autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fomentar a inovação e a criatividade passou a ser uma exigência para o setor XXI Mostra de Iniciação Científica, Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão Programa de Pós-Graduação em Administração |

público. Um laboratório de inovação pode efetivamente contribuir, por meio da implementação de projetos inovadores, para a propositura de soluções e resolução de problemas para atendimento ao cidadão.

Para criar uma proposta inovadora de laboratório de inovação do Governo do Distrito Federal, a partir da revisão de literatura sobre modelo de negócios, identificou-se a ontologia *Five-V*, uma ferramenta desenvolvida por Taran *et. al.* (2016) que alinha os componentes de um modelo de negócio em cinco categorias de valor, a saber: proposição de valor (produtos e serviços oferecidos), segmento de valor (clientes/público-alvo), configuração de valor (recursos-chave - pessoal, infraestrutura, etc. e atividades-chave - produção, vendas, atendimento, logística, etc.), rede de valor (parceiros e fornecedores) e captura de valor (como e quanto os clientes estão dispostos a pagar pelos produtos/serviços).

Cada *driver* de valor do *Five-V* atua de forma interdependente, permitindo a observação dos pontos fracos e fortes, bem como as ameaças e oportunidades, formando uma combinação única de processos de negócios que estruturam a organização e repercutem em seus diferenciais competitivos e performance.

A utilização da ferramenta *Five-V* permitiu identificar uma estrutura mais adequada ao panorama do DF e entorno, em comparação aos modelos de negócios hoje existentes. Apontou, ainda, direcionamentos para a concepção de um *Lisp* ágil, com melhor interface com os agentes do ecossistema de inovação, atuando sinergicamente para arrecadar fundos e outras fontes de custeio e, principalmente, focado na ampla participação popular e disseminação de instrumentos de avaliação coletiva.

Ademais, o presente artigo acaba por apontar caminhos para futuras pesquisas e desenvolvimento de novos estudos sobre os temas relacionados à inovação no setor público, laboratórios de inovação e modelos de negócio.

REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, S.; DASSEN, N. Innovando para una mejor gestión. La contribución de los laboratorios de innovación pública. **Bid**, , p. 66, Sep. 2016. Disponível em: <https://publications.iadb.org/es/publicacion/17174/innovando-para-una-mejor-gestion-la-contribucion-de-los-laboratorios-de>. Acesso em: 20 Aug. 2021.
- BESSANT, J.; TIDD, J. **Inovação e empreendedorismo**. 3. ed. Porto Alegre: [s. n.], 2019.
- CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. **São Paulo em Perspectiva**, vol. 19, no. 1, p. 34–45, 2005. .
- CAVALCANTE, P.; CAMÕES, M.; CUNHA, B.; SEVERO, W. **Inovação no setor público : teoria, tendências e casos no Brasil**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea); Escola Nacional de Administração Pública (Enap), 2017. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8086>. Acesso em: 24 Nov. 2020.
- CHESBROUGH, H.; ROSENBLOOM, R. S. The role of the business model in capturing value from innovation: Evidence from Xerox Corporation’s technology spin-off companies. **Industrial and Corporate Change**, vol. 11, no. 3, p. 529–555, 2002. DOI 10.1093/icc/11.3.529. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Role-of-the-Business-Model-in-Capturing-Value-Chesbrough-Rosenbloom/605f1c5f799c07f3ed71881de3d71dbe8f0d65cf>. Acesso em: 20 Nov. 2020.
- DISTRITO FEDERAL. Plano Estratégico Distrito Federal 2019-2060. Brasília, , p. 208 p., Apr. 2019. Disponível em: https://www.economia.df.gov.br/wp-content/uploads/2019/05/Book_PEDF_Plano_Estrategico_final.pdf. Acesso em: 12 Nov.

2020.

FIELT, E. Conceptualising Business Models: Definitions, Frameworks and Classifications. **Journal of Business Models**, vol. 1, no. 1, p. 85–105, 2013. <https://doi.org/10.1007/S11206-005-9057-0>.

FINOCCHIO JÚNIOR, J. **Project Model Canvas: gerenciamento de projetos sem burocracia**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; EVANS, S. The Cambridge Business Model Innovation Process. **Procedia Manufacturing**, vol. 8, p. 262–269, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.033>.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, vol. 35, no. 3, p. 20–29, Jun. 1995. <https://doi.org/10.1590/s0034-75901995000300004>.

JOHNSON, M. W. **Seizing the white space: Business model innovation for growth and renewal**. 1 ed. Boston: Harvard Business School Press, 2010.

OSBORNE, S. P.; BROWN, K. **Managing change and innovation in public service organizations**. Oxon: Routledge, 2012. <https://doi.org/10.4324/9780203391129>.

OSTERWALDER, A. **The business model ontology: a proposition in a design science approach**. 2004. 172 p. f. Tese de Doutorado – Universidade de Lausanne, 2004. Disponível em: http://www.hec.unil.ch/aosterwa/phd/osterwalder_phd_bm_ontology.pdf. Acesso em: 20 Aug. 2021.

OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y. **Inovação em Modelos de Negócios: um manual para visionários, inovadores e revolucionários**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2011.

SANO, H. Laboratórios de Inovação no Setor Público: mapeamento e diagnóstico de experiências nacionais. **Cadernos ENAP**, Brasília, vol. 69, p. 1–45, 2020. Disponível em: https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/5112/1/69_Laboratorios_inovacao_governo_completo_final_23062020.pdf. Acesso em: 15 Nov. 2020.

SCHUMPETER, J.; BACKHAUS, U. The Theory of Economic Development. **Joseph Alois Schumpeter**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 61–116. DOI 10.1007/0-306-48082-4_3. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/0-306-48082-4_3.

TARAN, Y.; NIELSEN, C.; MONTEMARI, M.; THOMSEN, P.; PAOLONE, F. Business model configurations: a five-V framework to map out potential innovation routes. **European Journal of Innovation Management**, vol. 19, no. 4, p. 492–527, 10 Oct. 2016. <https://doi.org/10.1108/EJIM-10-2015-0099>.

UNICEF. Innovation Labs A Do-It-Yourself Guide. Kosovo, vol. 1, p. 125, Oct. 2012. Disponível em: www.unicefstories.org/7Cwww.unicefinnovation.org. Acesso em: 20 Nov. 2020.

ⁱ Mais informações em: <http://www.saude.df.gov.br/inovases-quem-somos/>.

ⁱⁱ Mais informações em: <https://www.cl.df.gov.br/labhinova>.