



08, 09, 10 e 11 de novembro de 2022
ISSN 2177-3866

SISTEMA DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICO NO AGRONEGÓCIO: motores e evolução

TELMO LENA GARCEZ

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS (UFPEL)

MARCELO FERNANDES PACHECO DIAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS (UFPEL)

SISTEMA DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICO NO AGRONEGÓCIO: motores e evolução

1 INTRODUÇÃO

As críticas que o método linear de desenvolvimento tecnológico tem sido falho, associado à demanda por uma agricultura sustentável têm estimulado os cientistas a considerar melhor o contexto complexo nos quais as tecnologias têm sido aplicadas (Lamers, *et al.*, 2017). Chega-se a essas conclusões, porque quando se analisa as organizações de pesquisa, constata-se a dificuldade para a implantação das novas tecnologias desenvolvidas com foco na sustentabilidade (Planko *et al.*, 2016).

A abordagem teórica denominada de Sistemas de Inovação Tecnológico – TIS, tem recebido bastante atenção nos últimos anos, como uma referência para o estudo de tecnologias emergentes, caso das tecnologias com foco em sustentabilidade (Kukk *et al.*, 2015). A abordagem TIS tem sido considerada adequada para explorar como as organizações podem estimular a criação de cadeias produtivas e aumentar as chances de uma implantação bem-sucedida de uma nova tecnologia disponível à sociedade (Bergek *et al.*, 2008). Vários estudos têm sido realizados por exemplo, em tecnologias associadas à biotecnologia, agricultura de precisão (Eastwood *et al.*, 2017; Hall, 2005; Klerkx *et al.*, 2012), sistemas agrícolas sustentáveis (Lamers *et al.*, 2017).

Um Sistemas de Inovação Tecnológico (TIS) pode ser definido como um “conjunto de atores e instituições em redes que interagem em um campo tecnológico e/ou novo produto” (Markard *et al.*, 2012). Um TIS também pode ser definido como um constructo analítico incorporando subsistemas do sistema de inovação até então desconectados para orientar os tomadores de decisão (Bergek *et al.*, 2008).

Os conceitos de TIS baseiam-se na ideia de que os determinantes da inovação e da mudança tecnológica não residem apenas nas organizações de pesquisa, mas também, estão localizadas no sistema de inovação mais amplo que apoia e restringe as atividades dessas organizações (Bergek *et al.*, 2008). Então, um TIS é geralmente analisado em termos de sete funções. As funções do sistema são consideradas classes de processos que contribuem para o desenvolvimento, difusão e uso de inovações tecnológicas (Hekkert *et al.*, 2007). As funções dos sistemas de inovação tecnológicos são os processos mais importantes na construção de um sistema de inovação. São eles: F1 - Experimentação empreendedora; F2 - Desenvolvimento do conhecimento; F3 - Difusão do conhecimento; F4 - Orientação da pesquisa; F5 - Formação de mercado; F6 - Mobilização de recursos; F7 - Criação de legitimidade. A lista de sete funções do sistema foi estabelecida com base em uma revisão de muitos anos de literatura sobre sistemas de inovação (Hekkert *et al.*, 2007). Entretanto, mais recentemente um conjunto de outras três funções tem sido consideradas fundamentais na evolução de um sistema de inovação tecnológico, os quais são: coordenação (Markard *et al.*, 2020; Planko *et al.*, 2016), mudanças socioculturais, (Planko *et al.*, 2016; Markard *et al.*, 2020), e a análise do sistema como um todo (Markard *et al.*, 2020).

Quando a abordagem de sistemas de inovação tecnológica é analisada, uma das críticas que se faz à abordagem é de que ela é estática e dá pouca atenção a evolução das funções do sistema (Lachman, 2013; Planko *et al.*, 2016). Além disso, também dá pouca atenção como se dá a interação entre as funções, quais são as incluídas e excluídas ao longo da trajetória de inovação (Lamers *et al.*, 2017).

O conceito de motor da inovação (Suurs and Hekkert, 2012; Suurs, 2009) supera as críticas a abordagem TIS ao dar ênfase à evolução das funções e aos seus relacionamentos ao longo do tempo. O conceito de motor de inovação é um conjunto de hipóteses sobre como e

quais funções influenciam umas às outras em diferentes fases da evolução de um sistema de inovação tecnológico, formando uma tipologia, os quais são chamados de motores de inovação (Suurs and Hekkert, 2012; Suurs, 2009).

O conceito de motor de inovação, entretanto não tem sido muito compreendido e desenvolvido na literatura de sistemas de inovação (Köhler *et al.*, 2020), o qual uma exceção é o trabalho de (Walrave and Raven, 2016). Esta lacuna representa uma oportunidade, dado à necessidade de entender melhor a dinâmica de um TIS, especialmente a evolução das funções e suas interações que suportam a evolução de TIS, já que o entendimento das relações entre as funções ao longo do tempo ainda é limitado (Köhler *et al.*, 2020), especialmente no ambiente rural, o qual não têm sido constatados estudos prévios.

Considerando a necessidade de avançar na compreensão da dinâmica de um sistema de inovação tecnológico foi estabelecido a seguinte questão de pesquisa: Como evoluem as funções e as interações entre elas em um sistema de inovação tecnológico no agronegócio? Logo, foi estabelecido como objetivo geral analisar a evolução e a interação ao longo do tempo das funções, a partir do conceito de motor de inovação, no ambiente rural e com foco em sustentabilidade. Para responder a questão de pesquisa proposta foi desenvolvido um estudo de caso do sistema de inovação associado à tecnologia de produção de frangas livres de gaiolas para postura de ovos. Esta tecnologia vem sendo desenvolvida em todo o mundo e na região de Pelotas-RS pela Embrapa Clima Temperado-Pelotas/RS com vistas às preocupações com o bem-estar animal e a sustentabilidade.

2 SISTEMAS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

2.1 FUNÇÕES-CHAVES DOS SISTEMAS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICO

Funções dos sistemas de inovação são consideradas classes de processos que contribuem para o desenvolvimento, difusão e uso de inovações tecnológicas (Hekkert *et al.*, 2007). São os processos dinâmicos que ocorrem entre os componentes estruturais (atores, redes e instituições) do sistema. Cada função contribui para a construção de um sistema favorável em torno da nova tecnologia (Musiolik and Markard, 2011). As sete funções tradicionalmente discutidos na literatura são discutidas a seguir.

Função 1: Experimentação empreendedora. Empreendedores são chaves numa TIS, porque eles convertem novas ideias potenciais em oportunidades de negócio (Hekkert *et al.*, 2007; Planko *et al.*, 2017). Esses empreendedores podem ser tanto novos negócios como firmas estabelecidas, os quais querem diversificar em direção a nova tecnologia. Ao testar a nova tecnologia no mercado, processos de aprendizagem social são ativados. Isto possibilita reunir novas informações sobre as reações dos consumidores, do governo, dos concorrentes e fornecedores (Hekkert *et al.*, 2007; Planko *et al.*, 2017).

Função 2: Desenvolvimento do conhecimento. Atividades de aprendizado como pesquisa e desenvolvimento e a aprendizagem num contexto prático, são fundamentais para qualquer processo de inovação. O conhecimento não pode apenas ser adquirido sobre a nova tecnologia, mas também sobre os mercados, redes e usuários (Bergek *et al.*, 2008; Hekkert *et al.*, 2007; Planko *et al.*, 2017).

Função 3: Difusão do conhecimento. Conferências, workshops e alianças estimulam o intercâmbio do conhecimento. Isso é importante não só para a troca de conhecimento específico da R&D, mas também para o intercâmbio de conhecimentos entre o governo, as empresas e o mercado (Hekkert and Negro, 2009; Planko *et al.*, 2017).

Função 4: Orientação da pesquisa. Este processo-chave resume todas as atividades e eventos que convençam os atores a entrarem no TIS ou a investirem nele. Uma expectativa positiva sobre o desenvolvimento da tecnologia é o aspecto principal aqui. Essa expectativa

pode ser baseada em mudanças nas atitudes, preços de entrada, regulamentos e políticas (Bergek *et al.*, 2008; Hekkert *et al.*, 2007; Planko *et al.*, 2017).

Função 5: Formação de mercado. Podemos afirmar que as novas tecnologias de sustentabilidade possuem dificuldade quanto à concorrência com as tecnologias dominantes. É necessário a criação de nichos de mercado temporariamente protegidos, para que a tecnologia se desenvolva e ganhe quota de mercado. Tais nichos podem ser com regimes fiscais favoráveis, quotas de consumo garantidas, normas ambientais e pelas políticas de contratação pública (Bergek *et al.*, 2008; Hekkert *et al.*, 2007; Planko *et al.*, 2017).

Função 6: Mobilização de recursos. Este processo-chave é sobre os recursos necessários para que o TIS funcione corretamente. Os recursos financeiros e humanos devem ser mobilizados para permitir a construção do sistema de inovação; e complementares devem ser desenvolvidos, tais como produtos complementares, serviços e infraestrutura de rede (Bergek *et al.*, 2008; Hekkert *et al.*, 2007; Planko *et al.*, 2017).

Função 7: Criação de legitimidade. Inovações com foco em sustentabilidade, muitas vezes, lutam para superar a inércia da inovação causada pelo sistema produtivo atual, o qual é geralmente relutante em mudar. Portanto, são necessárias coalizões e de lobby em defesa da nova tecnologia com vista a conquista de recursos e regimes fiscais favoráveis e para colocar a nova tecnologia sobre a agenda política (Hekkert *et al.*, 2007; Planko *et al.*, 2017).

2.2 NOVAS FUNÇÕES-CHAVES ASSOCIADAS AOS TIS

Três novas funções-chave de desenvolvimento de um sistema de inovação tecnológica têm sido sugeridos: coordenação (Markard *et al.*, 2020; Planko *et al.*, 2016), mudanças socioculturais, (Planko *et al.*, 2016; Markard *et al.*, 2020), e a análise do sistema como um todo (Markard *et al.*, 2020). Estas três novas propostas de funções são discutidas a seguir.

Função de Coordenação (F8): a função de coordenação de esforços é vista como uma função que contribui para a aceleração da construção de um TIS, porque a difusão de inovações, geralmente, requer alinhamentos entre várias políticas (Markard *et al.*, 2020; Planko *et al.*, 2016). Entretanto, um conjunto de atividades são vistas como importantes nesse esforço de coordenação de um TIS. (Planko *et al.*, 2016) destacam mais sete atividades. As duas primeiras são a criação de uma visão compartilhada e a definição de metas comuns entre os participantes do TIS. A terceira atividade implica em padronização de produtos e serviços. Padronização é importante para a redução de custos de produção e a construção de um sistema confiável, possibilitando aos compradores e consumidores escolherem entre as marcas disponíveis (Planko *et al.*, 2016). A quarta atividade é a criação de plataformas abertas de inovação dentro do TIS, com vista a aumentar a velocidade da inovação de produtos complementares (Planko *et al.*, 2016). Por fim, as últimas três atividades são a orquestração do sistema, o qual se refere a gestão e alinhamento dos esforços dos participantes individuais, o que exige a atividade de definição dos papéis dos participantes do TIS com vista a criar os recursos necessários para fazer frente a regime. Por fim, a última atividade é a de criação de transparência, o qual é importante, pois pode evitar a sobreposição de papéis e recursos otimizando o TIS (Planko *et al.*, 2016).

Função de Alterações Socioculturais (F9): para as inovações, especialmente aquelas com foco em sustentabilidade, precisam estar bem enraizadas na sociedade (Markard *et al.*, 2020; Planko *et al.*, 2016). Isto significa que os empreendedores precisam se esforçar para que as mudanças desejadas ocorram na tomada de decisão dos consumidores. Logo, estes empreendedores precisam mudar valores e normas enraizadas em favor da nova tecnologia. Um conjunto de atividades são associadas à função de alterações socioculturais. Em relação aos negócios dos empreendedores, eles mesmos devem induzir uma ação mais colaborativa entre os seus empregados; devem induzir mudanças de valores nos consumidores; devem atuar no

sistema educacional com vistas a formar profissionais com habilidades para atuar na nova tecnologia. (Planko *et al.*, 2016). Markard *et al.* (2020) destacam que os *policymakers* podem mudar o comportamento dos consumidores ao prover mais informação sobre a nova tecnologia, criar padrões de desempenho para os produtos, reduzir taxas e criar subsídios que objetive estimular a adoção da nova tecnologia sustentável.

Função de Mudanças do Sistema como um Todo (F10): Markard *et al.* (2020) destacam esta função ao afirmar que inovações com foco em sustentabilidade falham em alinhar o sistema como um todo. Para que isto ocorra há necessidade de se superar dois temas críticos, os quais são: (i) a necessidade de fomentar interações complementárias entre múltiplas inovações; (ii) a necessidade de fomentar mudanças na arquitetura do sistema. No agronegócio, a necessidade de se ter uma visão global não é nova e pode ser contemplada no conceito de cadeia de produção. De acordo com Batalha e Silva (2008, p. 32), a definição de uma cadeia de produção começa pela identificação de um produto final “[...] após esta identificação, cabe ir encadeando, de jusante à montante, as várias operações técnicas, comerciais e logísticas, necessárias à sua produção”. Através da aplicação do conceito de cadeia de produção, pode-se perceber o quão complexo é o processo produtivo, o que implica em alinhar e inovar nos vários elos da cadeia produtiva como um todo, com vistas ao sucesso da cadeia que se quer fomentar.

2.3 MOTORES DA INOVAÇÃO

Suurs (2009) destaca que a discussão sobre motores da inovação tem origem nos estudos sobre mudança organizacional, mais especificamente na noção de motor empregada por (Poole *et al.*, 2000). Suurs e Hekkert (2012) e Suurs *et al.* (2009) estudaram a noção de motor de inovação em Sistemas de Inovação Tecnológico e identificaram quatro tipologias de combinação de funções. Cada um desses quatro motores é descrito a seguir.

O primeiro motor é denominado de Motor empurrado pela Ciência e Tecnologia (Suurs and Hekkert, 2012; Suurs, 2009). Este motor se refere a um padrão no sistema de inovação no qual o desenvolvimento do conhecimento científico e a difusão são centrais, apoiados por projetos de pesquisa e políticas de apoio (Walrave and Raven, 2016). O motor é iniciado por um gatilho de ativação comum, os quais são problemas sociais e ambientais (Suurs and Hekkert, 2012; Suurs, 2009). A produção e difusão do conhecimento científico formatam os primeiros experimentos e algumas atividades empreendedoras, os quais podem aumentar ou reduzir em função dos resultados confirmarem ou não as expectativas iniciais (Walrave and Raven, 2016). Este motor é dominado pelas funções de Desenvolvimento de Conhecimento (F2), Difusão do conhecimento (F3), Orientação da Pesquisa (F4) e Mobilização de recursos (F6). O papel de Atividades Empreendedoras (F1) também é importante no motor de Motor que impulsiona a Ciência e Tecnologia (Suurs and Hekkert, 2012; Suurs *et al.*, 2009).

O segundo motor é denominado de Motor Empreendedor. Este se refere a um padrão do sistema de inovação no qual a dinâmica central é constituída pelo incremento de empreendedores ativos no sistema de inovação (Markard *et al.*, 2020). Suurs and Hekkert, (2012), Suurs (2009) e, Walrave and Raven (2016) explicam que neste motor o início para um ciclo virtuoso de desenvolvimento tecnológico são os empreendedores, os quais fazem *lobby* (F7) por melhores condições econômicas, e assim fazem o desenvolvimento tecnológico possível. Suurs *et al.* (2009) explicam que o papel do empreendedor é traduzir conhecimento em oportunidades de negócios, e eventualmente inovações. Suurs e Hekkert (2012) deixam claro que, em alguns casos, essa dinâmica é fortalecida pela existência de atividades de nicho de mercado (F5). Estes envolvem pequenos mercados, geralmente não desenvolvido dentro do próprio TIS (Suurs and Hekkert, 2012; Walrave and Raven, 2016). A periferia deste motor é feita de conexões do Motor empurrado pela Ciência e Tecnologia (Suurs and Hekkert, 2012).

O terceiro motor é denominado de Construção de Sistema (Suurs and Hekkert, 2012; Suurs, 2009). Este refere-se a um padrão do sistema de inovação no qual é caracterizado pelo incremento dos atores do sistema para atuar em redes, desenvolvimento infra estrutural e tentativas de reconfiguração das instituições (Walrave and Raven, 2016). A rede inicia a atrair o apoio social mais amplo, por exemplo para a institucionalização de novas políticas de incentivo, ou a construção de infraestrutura física. O motor é constituído das relações do Motor Empreendedor, porém com mais adições e ênfase na criação de legitimidade (F7), formação de mercado (F5) e orientação da pesquisa (F4). É considerado o vale da morte no processo de evolução do TIS (Suurs and Hekkert, 2012; Walrave and Raven, 2016).

O quarto é denominado de motor do mercado (Suurs and Hekkert, 2012; Suurs, 2009). Este se refere a um padrão do sistema de inovação no qual há uma demanda substancial de mercado, no qual é suficiente para manter todos os empreendedores associados ao TIS (Walrave and Raven, 2016). O TIS já está legitimado dentro dos atores sociais e políticos e já não é mais explicitamente questionado. Em termos de funções, todas as funções são importantes, mas a criação de legitimidade é menos importante (Suurs and Hekkert, 2012; Walrave and Raven, 2016).

3 METODOLOGIA

A estratégia da pesquisa foi classificada como um estudo qualitativo de uma análise de um caso único (Yin, 2017). Um estudo de caso qualitativo se caracteriza pela busca em conhecer em profundidade uma determinada situação que se supõe, ser única (Yin, 2017).

O caso foi definido como o Sistema de Inovação associado ao processo de produção de galinhas livres de gaiolas. O domínio espacial foi definido como ponto de partida a cidade de Pelotas-RS e os atores e instituições em outras cidades com interações a partir dela. Tendo decidido sobre o caso e o domínio espacial, o próximo passo foi identificar os componentes estruturais do sistema. Estes incluíram não só as empresas, mas também os produtores rurais e, também, alguns de seus fornecedores, universidades e institutos de fomento, como também organismos públicos e organizações de interesses comuns. Foi utilizada a técnica de bola de neve para identificação dos atores, no sentido de que uma vez identificado um dos atores, foi perguntado para ele sobre outros atores que poderiam estar participando do TIS. Este procedimento é corroborado por Bergek *et al.* (2008) que diz que dadas as grandes incertezas envolvidas quando a análise diz respeito a um TIS emergente, um foco definitivo pode ser difícil de escolher e pode ter que ser mudado ao longo do tempo.

Para a coleta de dados utilizou-se um roteiro, o qual orientou a condução de entrevistas, análise de documentos e observação participante. O roteiro de entrevistas e de análise de documentos tem como base as sete funções de Hekkert *et al.* (2007) com adição das três funções propostas por Planko *et al* (2016) e Markard *et al* (2020).

Quatro entrevistas foram realizadas com pessoas-chaves:

- a) entrevistado 1 - Pesquisador II em Agroecologia na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, com enfoque em avicultura colonial e orgânica, agroecologia.
- b) entrevistado 2 - Médico Veterinário, professor de Avicultura do ensino técnico na Universidade Federal de Pelotas/IFSUL.
- c) entrevistado 3 - Gerente regional da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - Emater/Ascar.
- d) entrevistado 4 - Extensionista da Emater desde 2012 – Ministrante do curso de avicultura colonial.

Os documentos considerados na coleta de dados compreenderam uma tese; cinco documentos governamentais oficiais; três atas de reunião da rede envolvendo os membros do

TIS; uma lei; onze notícias de jornais e meios de comunicação locais. Além disso, foi realizada a observação participante em doze atividades envolvendo o TIS analisado. Os dados foram coletados ao longo dos anos de 2019 e 2020.

Para a análise dos dados coletados se utilizou o uso do método processual ou de análise de sequências (Abbott, 1995) sugerido por Suurs e Hekkert (2012). O método de processual conceitualiza o desenvolvimento e processos de mudanças como sequências de eventos e explica os produtos de um processo como o resultado de uma ordem de eventos (Abbott, 1995). Eventos são elementos centrais do que os sujeitos fazem ou acontece para eles (Abbott, 1995). Hekkert *et al.* (2007) recomenda que todos os eventos mapeados sejam então alocados para as funções através de um esquema. Isto permite ao pesquisador em primeiro lugar constatar a validade das funções. Ao longo da trajetória do TIS (1999-2020) foram identificados e classificados 41 eventos.

Para a realização do estudo, procurou-se seguir os critérios de julgamento da pesquisa proposto por Yin (2017). Quanto à qualidade dos resultados foram utilizadas múltiplas fontes de dados, como entrevistas, documentos e legislações, observação participante (Yin, 2017). Quanto à validade interna foi realizado o confronto dos resultados observados com a teoria existente sobre as funções inicialmente e os motores de inovação posteriormente e a confidencialidade dos dados coletados (Yin, 2017). Quanto à validade externa, está se dá pelo confronto dos resultados obtidos e interpretados durante a pesquisa com o coautor da pesquisa que julgamos com conhecimentos mais abrangentes sobre a o caso estudado e que é especialista na abordagem teórica de sistemas de inovação tecnológica (Yin, 2017). A confiabilidade da pesquisa é suportada pelo roteiro de análise dos dados composto com as categorias teóricas (10 funções da dinâmica de um TIS) revisadas nas seções 2.1 e 2.2 (Yin, 2017).

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESCRIÇÃO DA EVOLUÇÃO DOS MOTORES E FUNÇÕES DO *TIS CAGE FREE PELOTAS*

Nesta seção, será descrita a evolução das funções e motores de inovação baseado nos eventos identificados e classificados de acordo com as dez funções revisadas nas Seção 2.2 e 2.3. Foram identificados três motores. O início do TIS *Cage Free* Pelotas (Fase I) se deu pela criação do Motor da Ciência e Tecnologia em 1999; e na sequência pelos motores do Empreendedorismo (Fase II em 2017); e pelo motor da Construção do Sistema (Fase III em 2019, Figura 1). Cada um desses motores é descrito a seguir.

A Fase I, de criação do Motor da Ciência e Tecnologia, se caracterizou pela presença do primeiro ponto de inflexão (TP1), o qual foi uma demanda social de criação de renda para uma comunidade local de produtores rurais em extrema pobreza. A partir desta demanda a EMBRAPA se criou um projeto de pesquisa (F4) para o desenvolvimento de uma tecnologia de criação e manejo de aves soltas para estas famílias vulneráveis. A partir do projeto se iniciou o desenvolvimento do conhecimento (F2) pela instalação de unidades demonstrativas para a validação do modelo de criação previamente projetado. Os resultados das unidades demonstrativas indicaram a necessidade de reorientar a pesquisa (F4) incluindo a pesquisa sobre a elaboração de ração para as aves com baixo custo, assim como para a automatização de processos dentro do aviário, os quais culminaram em atividades de desenvolvimento do conhecimento (F2). A instalação das unidades demonstrativas e os novos projetos de pesquisa contribuíram para a criação de um curso de formação de produtores (Difusão do conhecimento - F3). A função de experimentação empreendedora (F1) também esteve presente nesta fase, com a formalização do primeiro estabelecimento de produção com atendimento as regras sanitárias, ambientais e fiscais para este tipo de produção.

A fase II, de criação do Motor do Empreendedorismo iniciou por um segundo ponto de inflexão que caracterizou-se pela necessidade de parte dos produtores rurais locais de gerar mais renda em seus negócios, especialmente aqueles produtores que tinham ociosidade de instalações de criação (aviários) devido a paralisação das atividades da cooperativa local, que produzia no sistema tradicional (TP2), o que fomentou diversas iniciativas de experimentação empreendedora (F1) na tecnologia de produção de ovos de aves livres de gaiola. Na sequência, estes empreendedores começaram a fazer *lobby* no órgão governamental local, com vista à criação de legitimidade (F7) da nova tecnologia, colocar os seus empreendimentos na agenda do governo local com vistas à resolução dos seus problemas identificados e recursos que favoreçam a produção. Como resposta ao *lobby* realizado pelos produtores, o órgão governamental local iniciou um conjunto de ações de análise e negociações com vista à estruturação da cadeia como um todo (F10), como por exemplo um acordo para que um frigorífico local fizesse o abate das aves de descarte, o fomento a um dos produtores realizar a etapa de recria das frangas e a instalação de um fábrica de ração.

A fase III, de criação do motor da Construção do Sistema, também iniciou por um ponto de inflexão (TP3), o qual foi interpretado como a necessidade do governo local por estratégias para o desenvolvimento da cadeia de produção de ovos livres de gaiolas. A partir desta busca, decidiu-se pela criação de uma rede envolvendo produtores, organizações públicas e privadas lideradas pelo governo local com vistas à coordenação de ações (F8) com foco na promoção da tecnologia. Uma vez a rede criada, duas novas funções passaram a ser desenvolvidas com os participantes do TIS, os quais são: formação de mercado (F5) e mobilização de recursos (F6). As ações de criação de mercado envolveram a realização de reuniões com os comerciantes locais para a captação de novos clientes, e reuniões com os dirigentes de organizações públicas com o objetivo de criação de demandas específicas por parte destas organizações públicas. As ações de mobilização de recursos envolveram a inclusão de novos atores com funções distintas na rede recém-criada.

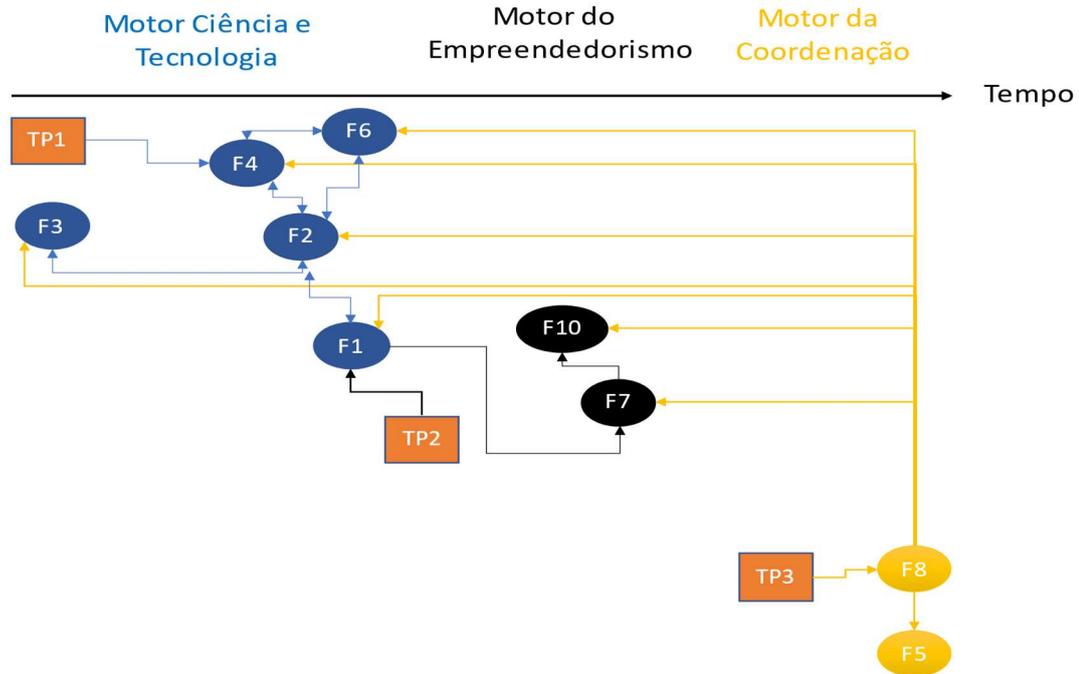
Para além de atividades associadas às funções de formação de mercado (F5) e mobilização de recursos (F6), a rede passou também a interagir com os outros dois motores: do Empreendedorismo e da Ciência e Tecnologia.

A interação com motor do empreendedorismo a rede ampliou as ações de criação de legitimidade (F7), através da divulgação da criação da própria rede e da importância da nova tecnologia de produção de ovos de frangas livres de gaiolas, criação de uma lei pelo governo local para o fomento aos empreendedores, divulgação em jornais locais e nacionais, em feiras agropecuárias das atividades e criação de um logotipo para a rede criada. Nas ações de estruturação da cadeia como um todo (F10) envolveram a continuidade das ações iniciadas no motor de empreendedorismo, assim como o desenvolvimento de novas opções para o fomento a criação de uma fábrica de ração. Nas ações de Experimentação Empreendedora (F1) novos projetos foram elaborados para outros produtores rurais se inserirem na produção com a nova tecnologia.

Na interação com motor da ciência e tecnologia, a rede influenciou na orientação da pesquisa (F4), com a proposição de reativação do projeto de pesquisa de ração de mais baixo custo, desta vez em conjunto com os produtores atuais, em ações de desenvolvimento do conhecimento (F2), como uma linha de pesquisa em custos de produção e nas ações de difusão do conhecimento (F3), como fomento aos produtores a partição do curso de formação de longa duração, cursos de curta duração sobre alimentação alternativa e estratégias de comercialização.

A Figura 1, sintetiza a evolução descrita das funções e motores identificados no TIS *Cage Free* Pelotas.

Figura 1 - Evolução das Funções e Motores do TIS *Cage Free* Pelotas



Fonte: autor (2020)

4.2 DISCUSSÃO DA EVOLUÇÃO DOS MOTORES E FUNÇÕES

A discussão da evolução dos motores e funções do *TIS Cage Free* Pelotas foi organizada em dois momentos: 1) análise de cada um dos motores individualmente: Motor da Ciência e Tecnologia; Motor do Empreendedorismo; Motor da Construção do Sistema; e 2) análise da sequência dos motores.

Ao se comparar a descrição do Motor da Ciência e Tecnologia do *TIS Cage Free* Pelotas, constata-se que esta corrobora a descrição deste tipo de motor proposto por (Suurs and Hekkert, 2012). Constata-se que o motor é dominado pelas funções de Desenvolvimento do Conhecimento (F2). Difusão do conhecimento (F3), orientação da Pesquisa (F4) e Mobilização de Recursos (F6) (Suurs and Hekkert, 2012). A função de Experimentação empreendedora (F1) foi incipiente, com apenas um empreendimento formalizado. A função de Formação de Mercados (F5) foi considerada ausente, pois se restringiu apenas às atividades de produção e comercialização das unidades de demonstração. Do mesmo modo, a função de Criação de Legitimidade (F7) esteve limitada ao pequeno conjunto de atores participantes deste motor (Suurs and Hekkert, 2012). Além disso, também estiveram ausentes as novas funções identificadas na literatura de Coordenação (F8), Alterações Socioculturais (F9) e, Avaliação da Cadeia como um todo (F10).

Ao se comparar a descrição do Motor do Empreendedorismo do *TIS Cage Free* Pelotas, os resultados corroboram parcialmente à proposição de Suurs e Hekkert (2012), pois se identificou diferenças e similaridades importantes. Suurs e Hekkert (2012) definem o Motor do Empreendedorismo como similar ao Motor da Ciência e Tecnologia com o acréscimo das funções de Experimentação Empreendedora (F1) e de Criação de Legitimidade (F7). Em relação às similaridades, o *TIS Cage Free* Pelotas na fase do Motor do Empreendedorismo se caracterizou por muitas iniciativas de Experimentação Empreendedora (F1), associadas por iniciativas de Criação de Legitimidade (F7), o que também é destacado por Suurs e Hekkert (2012). Em relação às diferenças, o *TIS Cage Free* Pelotas se caracterizou pela presença da

função Análise da Cadeia como um Todo (F10) como resultado do *lobby* promovido pelos empreendedores, a fim de resolver os problemas locais, mais especificamente associados à solução dos gargalos identificados na cadeia de produção com vista à viabilização produtiva dos seus empreendimentos, como por exemplo, local para descarte das aves após o fim do ciclo produtivo e ração a custos menores. A presença da nova função Análise da Cadeia como um Todo (F10) corrobora a proposta de Markard *et al.* (2020), como mais uma importante função, especialmente no agronegócio e para novas tecnologias que se transformam em novos negócios. No agronegócio, percebe-se o quão complexo é o processo produtivo devido às múltiplas etapas que devem estar articuladas ao longo da fabricação de um produto qualquer até que este atinja seu consumidor final.

Em relação ao motor da Construção do Sistema do TIS *Cage Free* Pelotas, os resultados corroboram, parcialmente, a proposição de Suurs e Hekkert (2012), pois aqui também se identificou diferenças e similaridades importantes. Suurs e Hekkert (2012), definem o motor de Construção do Sistema como um motor em que todas as funções estão envolvidas, o qual uma importante adição em relação aos dois motores anteriores é a função de Formação de Mercado (F5). A similaridade é de que a função de Formação de Mercado (F5) surge como uma das funções da TIS, assim como, este motor envolve a relação com todas as demais funções (Suurs and Hekkert, 2012). A diferença está relacionada à função Coordenação (F8), que foi proposta como uma função-chave neste motor e corrobora a proposta (Markard *et al.*, 2020; Planko *et al.*, 2016). Planko *et al.* (2016) justificam a necessidade da função coordenação, pois consideram que muitos atores estão envolvidos no sistema de construção, cada um com sua própria agenda e seu próprio plano estratégico, entretanto, o sistema como um todo se beneficia mais se os recursos são combinados e se os esforços estão alinhados. Sem coordenação, os esforços individuais podem restar inúteis (Planko *et al.*, 2016).

Em relação à análise da sequência dos motores do TIS *Cage Free* Pelotas, os resultados corroboram, parcialmente, a proposição de Suurs e Hekkert (2012), pois se identificou uma similaridade e uma diferença.

Em relação à similaridade, pode-se constatar uma sequência na criação dos motores de inovação: Motor da Ciência e Tecnologia => Motor do Empreendedorismo => Motor da Construção do Sistema. Este resultado está de acordo com as conclusões de Suurs (2009). Suurs (2009) explica que a sequência de motores está em linha com o conceito de causalidade cumulativa e explica que a condições estruturais pelas quais um ciclo virtuoso emerge é afetada pela sua dinâmica anterior. Mais especificamente, explica que em cada mudança de motor, a configuração estrutural anterior irá reforçar as atividades que constituem o próximo ciclo (motor), o que pode ser constado na trajetória do TIS *Cage Free* de Pelotas.

Em relação à diferença, pode-se constatar a presença de um ponto de inflexão (TP) no início de cada motor e não somente no motor de Ciência e Tecnologia. Para a criação do motor de Ciência e Tecnologia, Suurs (2009) cita como exemplo as demandas sociais por uma nova tecnologia. Entretanto, Suurs (2009; 2012) não dá ênfase sobre esses pontos de inflexão na trajetória da TIS, nem mesmo dá uma definição do termo. Na literatura, os pontos de inflexão (*Tip Points*) têm sido definidos como descontinuidades no desenvolvimento de uma trajetória do sistema, o qual, fundamentalmente, muda sua estrutura e dinâmica (Mey and Lilliestam, 2020). Em outras palavras, (Mey and Lilliestam, 2020) definem um ponto de inflexão como aquele que separa o estado A de um sistema de um estado B. Observamos este fenômeno em todas as mudanças de tipo de motor, pois constatamos uma conjunção composta por uma intervenção social do tipo empreendedora combinada com um contexto percebido, do tipo crise econômica interna ou externa ao sistema (Mey and Lilliestam, 2020). Nossos achados também são corroborados pelo reconhecimento da presença do fenômeno de pontos de inflexão ao longo das fases do processo de inovação em outros estudos evolucionários de diferentes áreas de pesquisa como em sistemas biofísicos, interação ambiente-seres humanos, sistemas sociais

(Mey and Lilliestam, 2020) e mesmo na área de inovação, entretanto com diferentes denominações (Bergek *et al.*, 2015; Dias and Ramirez, 2020; Dias, 2011). De certa maneira, Suurs (2009) também reconhece a possibilidade de pontos de inflexão em outras fases ao reconhecer que é importante entender que há possibilidade da TIS não evoluir para quaisquer outros ciclos virtuosos, caso fatores externos não estejam presentes.

Finalmente, a partir das explicações sobre a sequência dos motores, relacionadas à causalidade cumulativa e aos pontos de inflexão, infere-se, como possíveis explicações para a ausência do Motor de Mercado no TIS *Cage Free* Pelotas. Por fim, ainda cabe comentar a ausência da função de mudanças socioculturais (F9), proposta por (Planko *et al.*, 2016; Markard *et al.*, 2020), em nenhum dos três motores descritos no TIS *Cage Free* Pelotas. Por envolver mudanças nos grupos mentais dos consumidores e organizações (Suurs and Hekkert, 2012), esta deve ser uma função importante no Motor de Mercado, e por esta razão não pode ser constatada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa teve como objetivo geral analisar a evolução das funções e as interações entre elas ao longo do tempo de um sistema de inovação tecnológico (TIS) dentro do agronegócio. Constatou-se que ao longo da evolução do TIS *Cage Free* de Pelotas, que o *framework* associado às funções e motores se adequa à análise de evolução dos TIS, dado que foi constatado a presença de três motores: inicialmente (Fase I) pela criação do Motor da Ciência e Tecnologia, iniciado em 1999; e na sequência pelos motores do Empreendedorismo (Fase II), iniciado em 2017; e pelo motor da Motor da Construção do Sistema (Fase III), iniciado em 2019 e pela ausência do Motor Mercado (Veja Figura 1 na Seção 4.1).

Como contribuições teóricas principais a literatura de análise de evolução dos Sistemas de Inovação Tecnológico da pesquisa se destaca:

- a) adequação das funções e motores (Hekkert *et al.*, 2007; Suurs, 2009; Suurs, Hekkert *et al.*, 2012) como um instrumental apropriado para análise dos Sistemas de Inovação Tecnológicos no Agronegócio;
- b) o Motor do Empreendedorismo se caracterizou pela presença da função Análise da Cadeia como um Todo (F10) como resultado do *lobby* promovido pelos empreendedores, a fim de resolver os problemas locais, mais especificamente associados à solução dos gargalos identificados na cadeia de produção com vista à viabilização produtiva dos seus empreendimentos;
- c) o motor da Construção do Sistema, a presença da função Coordenação (F8) como uma função-chave neste motor, corroborou para a proposta (Planko *et al.*, 2016; Markard *et al.*, 2020) e esta é uma função-chave para análise dos TIS;
- d) os motores propostos por Suurs (2009) e, Suurs e Hekkert (2012) evoluem de forma sequencial associado aos mecanismos de causalidade cumulativa;
- e) constatou-se a influência de pontos de inflexão para o início de cada um dos motores identificados (Mey and Lilliestam, 2020).

Como contribuição empírica ao ambiente rural, especialmente, o conhecimento sobre a evolução das funções e as interações entre elas ao longo do tempo podem contribuir para a solução de um dos principais problemas associados às iniciativas participativas de inovação no meio rural, já que essas focam exclusivamente no nível da comunidade rural e se sabe que estes grupos, geralmente, encontram dificuldades em superar barreiras mais estruturais para a inovação que requerem intervenções de níveis mais altos do sistema, como pouco acesso para os serviços de extensão, terra, crédito, insumos de alta qualidade e mercados (Lamers *et al.*, 2017).

Como pesquisa futura, cabe destacar a necessidade de aprimorar e testar em outros Sistemas de Inovação Tecnológico do agronegócio os resultados aqui encontrados. Sugere-se, ainda, entender melhor o papel dos diferentes atores, especialmente os atores-chave de difícil substituição, dos círculos de *feedbacks*, e dos efeitos cumulativos. Por fim, a principal limitação da pesquisa pode ser o fato de a ausência do Motor de Mercado, mas é justificada pelo atual estágio desenvolvimento do TIS pesquisado, porém, salienta-se que é difícil identificar *a priori* ao processo de pesquisa o estágio que se encontra o TIS.

REFERÊNCIAS

- Abbott, A. (1995). Sequence analysis: new methods for old ideas. *Annual review of sociology*, Vol. 21, No. 1, pp. 93-113.
- Batalha, M. O., Silva, A. L. D. (2008). *Gestão agroindustrial*. São Paulo: Atlas, 2008.
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., and Rickne, A. (2008). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, Vol. 37, No. 3, pp. 407-429. doi:10.1016/j.respol.2007.12.003
- Bergek, A., Hekkert, M., Jacobsson, S., Markard, J., Sandén, B., and Truffer, B. (2015). Technological innovation systems in contexts: Conceptualizing contextual structures and interaction dynamics. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, No. 16, pp. 51-64. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.003>
- Dias, M. F. P. (2011). *Dinâmica de configuração de regras para inovação: um olhar complexo e interteórico numa organização de pesquisa agrícola do agronegócio orizícola do Rio Grande do Sul*. 280 f. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios. Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, Porto Alegre, BR-RS, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/30465>. Acesso em: 17 nov. 2021
- Dias, M., and Ramirez, M. (2020). Niche evolution, external circumstances, and network transformation: from butiá technical niche to butiá socio-technical niche. *Revista Brasileira de Inovação*, No. 19, p. 1-26. DOI: <https://doi.org/10.20396/rbi.v19i0.8657550>.
- Eastwood, C., Klerkx, L., and Nettle, R. (2017). Dynamics and distribution of public and private research and extension roles for technological innovation and diffusion: Case studies of the implementation and adaptation of precision farming technologies. *Journal of Rural Studies*, No. 49, pp. 1-12.
- Hall, A. (2005). Capacity development for agricultural biotechnology in developing countries: an innovation systems view of what it is and how to develop it. *Journal of international development*, Vol. 17, No. 5, pp. 611-630.
- Hekkert, M. P. and Negro, S. O. (2009). Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 76, No. 4, pp. 584-594.
- Hekkert, M. P., Suurs, R. A. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., and Smits, R. E. H. M. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change.

Technological Forecasting and Social Change, Vol. 74, No. 4, pp. 413-432.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>

Klerkx, L., Van Mierlo, B., and Leeuwis, C. (2012). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: concepts, analysis and interventions. *Farming Systems Research into the 21st century: The new dynamic*, pp. 457-483. DOI:10.1007/978-94-007-4503-2_20

Köhler, J., Raven, R., and Walrave, B. (2020). Advancing the analysis of technological innovation systems dynamics: Introduction to the special issue. *Technological Forecasting and Social Change*, No. 158, 120040. doi:<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120040>

Kukk, P., Moors, E. H. M., and Hekkert, M. P. (2015). The complexities in system building strategies — The case of personalized cancer medicines in England. *Technological Forecasting and Social Change*, No. 98, pp. 47-59.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.05.019>

Lachman, D. A. (2013). A survey and review of approaches to study transitions. *Energy Policy*, No. 58, pp. 269-276. doi:10.1016/j.enpol.2013.03.013

Lamers, D., Schut, M., Klerkx, L., and van Asten, P. (2017). Compositional dynamics of multilevel innovation platforms in agricultural research for development. *Science and Public Policy*, Vol. 44, No. 6, pp. 739-752. doi:10.1093/scipol/scx009

Markard, J., Raven, R., and Truffer, B. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy*, Vol. 41, No. 6, pp. 955-967.
doi:10.1016/j.respol.2012.02.013

Markard, J., Geels, F. W., and Raven, R. (2020). Challenges in the acceleration of sustainability transitions. *Environmental Research Letters*, Vol. 15, No. 8.
<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000439169>

Mey, F., and Lilliestam, J. (2020). Deliverable 3.1: Policy and governance perspectives on tipping points-A literature review and analytical framework. Disponível em: <
<https://www.iass-potsdam.de/en/output/publications/2020/deliverable-31-policy-and-governance-perspectives-tipping-points>>. Acesso em 17 nov. 2021.

Musiolik, J., and Markard, J. (2011). Creating and shaping innovation systems: Formal networks in the innovation system for stationary fuel cells in Germany. *Energy Policy*, Vol. 39. No. 4, pp. 1909-1922.

Planko, J., Cramer, J., Hekkert, M. P., and Chappin, M. M. H. (2017). Combining the technological innovation systems framework with the entrepreneurs' perspective on innovation. *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 29, No. 6, pp. 614-625.
doi:10.1080/09537325.2016.1220515.

Planko, J., Cramer, J. M., Chappin, M. M., and Hekkert, M. P. (2016). Strategic collective system building to commercialize sustainability innovations. *Journal of cleaner production*, No. 112, pp. 2328-2341.

Poole, M. S., Van de Ven, A. H., Dooley, K., and Holmes, M. E. (2000). *Organizational change and innovation processes: theory and methods for research*. Oxford: Oxford University Press.

Suurs, R. A. A. (2009). *Motors of sustainable innovation: Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems*. *Ulrtecht*: Utrecht University.

Suurs, R. A., Hekkert, M. P. and Smits, R. E. (2009). Understanding the build-up of a technological innovation system around hydrogen and fuel cell technologies. *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 34, No. 24, pp. 9639-9654.

Suurs, R. and Hekkert, M. (2012). *Governing the Energy Transition*. [S.l.]: Routledge. pp. 163-190. Available at: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780203126523-14/motors-sustainable-innovation-understanding-transitions-technological-innovation-system-perspective-roald-suurs-marko-hekkert-roald-suurs-marko-hekkert>. (Accessed 16 June 2021).

Walrave, B., and Raven, R. (2016). Modelling the dynamics of technological innovation systems. *Research Policy*, Vol. 45, No. 9, pp.1833-1844.

Yin, R. K. (2017). *Case study research and applications: Design and methods*: Sage