



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:
Limitações e possibilidades**



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PRÁTICAS DE ESG NO SETOR DO AGRONEGÓCIO

1º FÁBIO MOSSO MOREIRA – fabio.moreira@unesp.br
FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA, UNESP/Tupã

2º ANA ELISA BRESSAN SMITH LOURENZANI - ana.lourenzani@unesp.br
FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA, UNESP/Tupã

ÁREA: 9. ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE

SUBÁREA: 9.7 - Desenvolvimento Sustentável

RESUMO: A problemática desta pesquisa se manifesta na necessidade de elucidar como estão sendo desenvolvidas as práticas de ESG no contexto do agronegócio, demonstrando como as TIC podem ser protagonistas na viabilização dessa agenda, em especial as soluções baseadas no uso da Inteligência Artificial (IA). Neste contexto, a pesquisa tem como objetivo identificar e categorizar práticas de ESG realizadas por agentes do agronegócio brasileiro, sistematizando as contribuições da IA para os processos de planejamento, monitoramento e desenvolvimento desta agenda. Os procedimentos metodológicos envolveram um levantamento bibliográfico para fundamentar os principais conceitos envolvidos, uma análise de conteúdo para identificar e classificar práticas de ESG no contexto do agronegócio e uma busca online utilizando IA generativa para levantar contribuições da IA para cada categoria de práticas. Foram definidas 8 tipos de categorias para agrupar práticas de ESG realizadas no contexto do agronegócio, cujas quais foram atribuídas possibilidades de aplicação de recursos baseados em IA, descrevendo suas finalidades e contribuições. Conclui-se que a IA pode contribuir com todas as dimensões de uma agenda ESG, mas depende de um planejamento articulado, investimento em recursos informáticos e desenvolvimento de competências digitais específicas.

PALAVRAS-CHAVES: Agronegócio; Inteligência Artificial; Meio ambiente; Social; Governança.

1. INTRODUÇÃO

A partir da segunda metade do século XX, as transformações derivadas do avanço científico-tecnológico que sucederam a 2ª Guerra Mundial modificaram a cultura, os costumes e a dinâmica produtiva global, remodelando relações econômicas, políticas e sociais. Segundo Nicolaci-da-Costa (2002), estas transformações atingiram seu apogeu com o desenvolvimento das novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), cujas quais encontram-se cada vez mais embrenhadas no cotidiano pessoal e profissional da humanidade.

A Internet e os dispositivos digitais tornaram-se os protagonistas no processo de comunicação e compartilhamento de informações, possibilitando a disseminação de conteúdos diversos (ex: páginas web, documentos digitais, arquivos multimídias, conjuntos de dados, etc.), com maior variedade, volume e velocidade de acesso comparada aos suportes clássicos, como, por exemplo, os suportes físicos e mídias analógicas. Tais características motivaram a adoção massiva desse aparato tecnológico não só pela sociedade mas também por parte dos órgãos governamentais – para o fornecimento de serviços públicos online, abertura de canais de interação com a sociedade e aumento da inovação nos processos administrativos (Andersen; Henrikisen, 2006); e pelas organizações privadas – que passaram a incorporar sistemas informacionais nas suas estratégias de gestão, comercialização e produção (Porter, 1980; Laudon; Laudon, 2014).

A difusão das TIC em todos os tecidos sociais amplificou a dependência dos seres humanos em atender muitas de suas necessidades (fisiológicas, sociais, informacionais, etc.) a partir da apropriação de soluções informatizadas, fato que motivou autores como Manuel Castells (1999) a atribuir um rótulo para o cenário que se configurou, denominando essa nova sociedade como sendo a ‘Sociedade da Informação’. E no âmbito deste novo paradigma social ditado pelas tecnologias informacionais, um setor econômico que está efervescente na dinâmica da transformação digital é o agronegócio, setor composto pelos agentes ligados às operações de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização de insumos e produtos agropecuários (Castro, 2001).

Neste cenário, as unidades produtivas do setor se amparam cada vez mais em tecnologias disruptivas aplicadas na automação de atividades ligadas ao manejo da produção (Hackenhaar; Hackenhaar; Abreu, 2015); no uso de canais digitais de comunicação e comercialização (Jesus et al., 2021); nos processos de gestão e tomada de decisão (Ferraz; Pinto, 2017), etc. Sausen et al. (2020) descrevem um conjunto de agrotecnologias que estão sendo aplicadas neste cenário, como, por exemplo, *Big Data* e *Data Analytics*, Inteligência Artificial,

Machine Learning, sistemas de informação e de georreferenciamento, Internet das Coisas, virtualização e realidade aumentada, *Blockchain*, entre outras.

Uma das principais contribuições que as TIC estão trazendo para os agentes ligados ao agronegócio, além das supracitadas, é a possibilidade de impulsionar uma agenda de ações ligadas à responsabilidade socioambiental (Saxena et al., 2023), uma vez que o tema da sustentabilidade no cenário da produção agropecuária ganha cada vez mais visibilidade no cenário internacional, sendo pautada nos principais eventos econômicos mundiais, como, por exemplo, no encontro anual do Fórum Econômico Mundial, ocorrido em Davos/Suíça em 2023 (WEF, 2023).

Mesmo sendo uma questão contemporânea, o conceito de sustentabilidade não é recente, tendo ganhado corpo principalmente na década de 1970, chancelado por iniciativas da Organização das Nações Unidas (ONU), como, por exemplo, a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, ocorrida em 1972 em Estocolmo/Suécia (ONU, 2020). A partir deste marco temporal houve a concepção do conceito de sustentabilidade, que pressupõe a busca pelo equilíbrio, sustentação e conservação de um sistema, ou seja, a premissa é alcançar o desenvolvimento sustentável através da satisfação das necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades (Danilova-Danilyan; Piskulova, 2015 apud Astratova; Ozkan, 2022).

Sumariamente, o conceito de sustentabilidade se apoia em um tripé de três elementos norteadores: o ‘social’, quando foca nas pessoas e na sua condição de vida; o ‘ambiental’, no que diz respeito a recursos naturais e como são utilizados, e; no âmbito ‘econômico’, que está ligado à produção, distribuição e consumo de bens e serviço (Maia; Pires, 2011). E é na busca pela sustentabilidade no contexto do agronegócio que o Brasil figura como um dos principais agentes econômicos mundiais, ganhando holofote internacional e sendo alvo constante de expectativas tanto na questão da qualidade dos produtos exportados quanto no emprego de práticas sustentáveis no manejo da produção. Diante dessas expectativas, o Estado brasileiro incorporou nas últimas três décadas leis e marcos regulatórios para normatizar a preservação ambiental e a produção agropecuária em função do uso equilibrado dos recursos naturais (ex: Artigo n.225 da Constituição Federal de 1988, Política Nacional do Meio Ambiente, Código Florestal, Política Nacional de Recursos Hídricos, Política Nacional de Resíduos Sólidos, Política Agrícola, selos e certificações governamentais, etc.).

A adoção de ações para fomentar o desenvolvimento sustentável tanto no setor agronegócio quanto outros setores econômicos não são recentes, entretanto possuem histórico

de serem descoordenadas, desintegradas, desarticuladas e não fundamentadas em indicadores transparentes. Por conta de práticas incongruentes, recentemente emergiu um novo conceito que está adicionando outra roupagem para a abordagem da responsabilidade socioambiental – é o conceito de ESG (*Environmental, Social and Governance*), que prevê a realização, de forma integrada e coordenada, de práticas relacionadas à conservação do meio-ambiente, à responsabilidade social e à governança corporativa.

Segundo Pollman (2022), a agenda ESG está pautada no centro dos principais ambientes de debates corporativos na atualidade, e podem demonstrar o quanto um negócio está buscando maneiras de minimizar os seus impactos no meio ambiente, de construir um mundo mais justo e responsável e de manter a ética nos processos administrativos. Adotar práticas de ESG podem agregar valor à imagem das empresas e se posicionar em destaque em relação ao mercado, entretanto, Pollman (2022) cita que em uma pesquisa realizada com investidores institucionais, três quartos dos entrevistados disseram que há falta de clareza em relação à terminologia ESG, e isso pode influenciar na reprodução de modelos de ações e na consolidação das metodologias de monitoramento e de geração de indicadores.

Esses desafios e oportunidades configuram a problemática desta pesquisa, que se manifesta na necessidade de elucidar como estão sendo desenvolvidas as práticas de ESG no contexto do agronegócio, demonstrando como as TIC podem ser protagonistas na viabilização dessa agenda, em especial as soluções baseadas no uso da Inteligência Artificial (IA). A IA é um termo atribuído a John McCarthy, que em 1956 referenciou a ideia de que dados poderiam um dia ser alimentados a dispositivos eletrônicos para simular o pensamento humano (Tegmark, 2015).

Segundo a Datacenter Dynamics (2024), para o Meio Ambiente, a IA pode ser usada para acompanhar, em tempo real, a qualidade do ar, da água e do solo, permitindo que as empresas identifiquem e solucionem problemas de forma mais rápida e eficiente. Na gestão de recursos, a IA pode otimizar o uso de eletricidade e água, por exemplo, reduzindo o consumo e as emissões de gases de efeito estufa. E também pode ser uma importante aliada para desenvolver e aprimorar tecnologias de energia renovável, agricultura sustentável e outros campos relacionados ao meio ambiente; no que diz respeito ao âmbito Social, a IA pode contribuir para a gestão da cadeia de suprimentos, ajudando as empresas a identificar e eliminar violações de direitos humanos e práticas trabalhistas abusivas em suas cadeias de suprimentos, também pode ser usada para promover a diversidade e a inclusão no local de trabalho, por exemplo, através de ferramentas de recrutamento e seleção imparciais, assim como para

identificar e prevenir riscos à saúde e segurança dos trabalhadores; e para a dimensão da Governança, a IA pode auxiliar a identificar e gerenciar riscos climáticos, regulatórios e de corrupção. Também pode fornecer *insights* para auxiliar na tomada de decisões estratégicas relacionadas aos critérios ESG, promover e aumentar a transparência das empresas em relação ao seu desempenho em todas as áreas, por exemplo, através da geração de relatórios automatizados.

Neste contexto, a pesquisa tem como objetivo identificar e categorizar práticas de ESG realizadas por agentes do agronegócio brasileiro, sistematizando as contribuições da IA para os processos de planejamento, monitoramento e desenvolvimento desta agenda.

Ao buscar tais objetivos, esta pesquisa pode contribuir no aprofundamento de investigações que tratam sobre a questão do desenvolvimento sustentável, responsabilidade socioambiental e ética corporativa em propriedades e empresas rurais. Alocar a investigação no escopo do agronegócio tem sua relevância uma vez que este é um dos principais setores econômicos mundiais - segundo estimativas da FAO/ONU, até 2050 o mundo terá que produzir 60% mais alimentos (ONU, 2015), e isso implica em um esforço conjunto de todos os atores – academia, mercado, governo e sociedade - para otimizar a produção de alimentos, potencializando a capacidade produtiva das terras ao mesmo tempo em que se reduz os impactos ambientais da atividade.

Dar foco para o papel das tecnologias baseadas na IA aplicadas em práticas ligadas ao desenvolvimento rural sustentável também tem seu apelo justificado pelos elementos que configuram a conjuntura atual no pós-pandemia do COVID-19, fato que acelerou o processo de transformação digital em segmentos que ainda estavam aquém de suas contribuições efetivas. Desta forma, é providencial direcionar esforços para pesquisas que busquem evidenciar as possibilidades destas tecnologias em ações diretamente relacionadas com o atendimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS (ONU, 2015), como, por exemplo, a segurança alimentar e agricultura sustentável, saúde e bem estar, igualdade de gênero, água potável e saneamento, trabalho decente e crescimento econômico, redução de desigualdades, entre outros objetivos.

Tanto o ESG quanto a transformação digital têm potencial para renovar as estratégias e operações corporativas. De um lado, a digitalização contribui para aumentar a produtividade, facilitar o acesso a dados e tornar as operações mais ágeis. De outro, o ESG muda a maneira como a empresa se relaciona com a comunidade interna e externa e com toda a sua cadeia de valor. Os dois conceitos estão tão relacionados que o termo ‘ESG+D’ já vem sendo utilizado

no mercado, principalmente por startups que estão alavancando esse novo pensamento (Rodrigues, 2022).

Na seção seguinte deste artigo é apresentada uma fundamentação teórica para o conceito de ESG contextualizado no cenário do agronegócio e sua relação com as soluções de IA. Em seguida, apresentam-se os procedimentos metodológicos adotados para resolução dos objetivos e os resultados alcançados no desenvolvimento da pesquisa. Por fim, uma seção contendo as considerações finais obtidas a partir das inferências sobre os resultados.

2. SOBRE AS PRÁTICAS DE ESG E A CONTRIBUIÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Para Guevara e Dib (2022), as práticas de ESG devem ir além da aplicação de ações no âmbito socioambiental e de governança, tendo como critério o enfoque no resultado quantitativo dos resultados obtidos, gerando indicadores para ajudar os investidores a tomarem melhores decisões sobre o risco e a ética de uma organização, e também os consumidores a decidirem de qual empresa comprar ou não.

Para Steblianskaia et al. (2023), além dos consumidores, os investidores também estão se tornando mais conscientes sobre questões socioambientais, ponderando esses aspectos em sua tomada de decisão na aquisição de ações e alocação em fundos de investimento (não mais somente baseado em dados sobre o lucro e a receita). O conceito de ESG, inclusive, fundamenta o Índice de Sustentabilidade Empresarial da Bolsa de Valores de São Paulo (B3, 2022), que é o indicador do desempenho médio das cotações dos ativos de empresas selecionadas pelo seu reconhecido comprometimento com a sustentabilidade empresarial.

Para facilitar e profissionalizar a implementação das práticas de ESG no Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2022) lançou, no final de 2022, o material denominado “Prática Recomendada 2030 - Ambiental, social e governança (ESG) – Conceitos, diretrizes e modelo de avaliação e direcionamento para organizações”. O documento apresenta os critérios mais relevantes segmentados em três eixos:

- Eixo Ambiental: Mudanças climáticas, Recursos Hídricos, Biodiversidade e serviços ecossistêmicos, Economia circular e gestão de resíduos, Gestão ambiental e prevenção da poluição;
- Eixo Social: Diálogo social e desenvolvimento territorial, Direitos humanos, Diversidade, equidade e inclusão, Relações e práticas de trabalhos, e Promoção de

responsabilidade social na cadeia de valor;

- Eixo Governança: Governança corporativa, Conduta empresarial, Práticas de controle e gestão, e Transparência na gestão.

A Norma (ABNT, 2022) apresenta os principais passos para serem seguidos na implementação das ações de ESG e ressalta que as orientações são aplicáveis a todos os tipos de organizações, compreendendo empresas privadas ou públicas, entidades governamentais e organizações sem fins lucrativos, independentemente do porte e área de atuação. Assim, o documento sistematiza metodologicamente como proceder na implementação de uma agenda ESG, deixando claro que ao passo da evolução dessas ações, as organizações também precisarão de ferramentas tecnológicas para suportar a implementação destas estratégias.

Segundo Saxena et al. (2023), as organizações precisarão recorrer a um novo *framework* tecnológico que permita empoderar as ações de ESG e garantir a geração de seus indicadores. Os autores citam alguns exemplos de possíveis intervenções baseadas em tecnologias informacionais nas ações de ESG: Uso de Inteligência Artificial e da *Blockchain* para desenvolvimento de uma plataforma inteligente que permita detectar dados multidimensionais e cruzá-los com as metas de resultados definidas no plano executivo, dando maior segurança, transparência, e credibilidade para as ações de ESG; Aplicação de soluções de Big Data para interpretar semanticamente os dados ambientais (qualidade do ar, qualidade da água, desperdícios, etc.), sociais (clima organizacional, segurança do trabalho, diversidade, etc.) e de governança (processos, finanças, etc.), automatizando a identificação de padrões, correlações, tendências e preferências, e gerando boletins relevantes para subsidiar a tomada de decisão (de gestores, clientes e investidores) e retroalimentar as ações de ESG; Desenvolvimento de modelos baseados em algoritmos de *Machine Learning* e *Deep Learning* para aumentar a eficiência de máquinas e equipamentos que consomem recursos naturais em processos produtivos, comerciais ou administrativos; Uso de *Cloud Computing* para economizar energeticamente com o uso de aparatos tecnológicos, como, por exemplo, uso de servidores de banco de dados e infraestrutura de TI; etc.

A contribuição das tecnologias informacionais nas práticas de ESG também podem se manifestar na utilização de recursos tecnológicos que assegurem a prevenção de saúde dos recursos humanos e aumento da qualidade de vida de seus profissionais. Nesse aspecto, pode-se destacar a adoção de um conjunto de soluções que vão desde o chamado *Workspace as a Service* (WaaS) para o trabalho remoto, passando por telemedicina, recursos de IA e DE *Data Analytics* para apoiar os departamentos de gestão de pessoas a compreender as necessidades

sociais dos colaboradores (Botelho, 2021).

No âmbito da sustentabilidade ambiental, Botelho (2021) também destaca a possibilidade de implementar equipamentos de TIC projetados para priorizar o baixo consumo energético, como, por exemplo, a utilização de dispositivos *Raspberry Pi* conectados à computação em nuvem e a aplicação de sensores automatizados para gerenciar a iluminação e o conforto térmico do ambiente.

Em específico ao uso de soluções baseadas em IA em práticas de ESG no contexto do agronegócio, destaca-se o uso de sensores inteligentes para possibilitar o monitoramento da saúde das plantas, captando a real necessidade e nutricional do solo para dimensionar a aplicação precisa de insumos; aplicação de dispositivos digitais no processo produtivo para gerar métricas de como está o consumo de água e energia, e assim redefinir com o uso de IA os processos e o uso de equipamentos; desenvolvimento de relatórios automatizados para monitorar os índices de *compliance* da organização em função das práticas de ESG pré-definidas; etc (Bittencourt, 2021).

Os exemplos de aplicação de soluções baseadas em IA por si só favorecem a compreensão do conceito, como, por exemplo, os algoritmos das redes sociais, tecnologias de reconhecimento facial, assistentes pessoais (como a Alexa da Amazon), *chatbots* (softwares que simulam conversa humana) e os aplicativos que criam imagens, textos, vídeos e áudios a partir de comandos são alguns exemplos utilizados contemporaneamente (Arão, 2024). Ademais, em seu artigo, Arão (2024) fundamenta o conceito de IA e apresenta uma visão crítica do tema, definindo a IA como sendo as tecnologias que buscam reproduzir padrões de comportamentos similares ao humano por meio de dispositivos e programas computacionais.

Fundamentado pelas compreensões e reflexões expostas nesta seção, a seção seguinte do artigo apresenta os procedimentos metodológicos adotados, bem como as técnicas e instrumentos que compõem a metodologia desta pesquisa.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos se apoiam em uma pesquisa bibliográfica de caráter exploratório. De início, foi levantado um arcabouço teórico para definir o conceito de ‘ESG’ e contextualizá-lo no cenário do agronegócio, bem como obter parâmetros iniciais sobre as contribuições da IA. Essas informações compuseram a fundamentação teórica da pesquisa e foram obtidas a partir de um levantamento bibliográfico realizado em fontes (artigos, portais,

notícias) recuperadas no buscador ‘Google Scholar’, com o uso da expressão de busca composta pelos termos “ESG”, “agronegócio” e “Inteligência Artificial”, concatenados pelo operador “AND”.

Após o levantamento bibliográfico, foi realizada uma busca online no sistema de recuperação do Google para identificar documentos institucionais que apresentavam práticas ESG adotadas por agentes do agronegócio. Para tanto, foram utilizadas expressão de busca compostas pelos termos “política de ESG”, “práticas ESG”, “agronegócio”, “agricultura” e “pecuária”, combinadas e concatenadas pelo operador “AND”.

Dentre os recursos informacionais apresentados nos resultados da busca (portais, anúncios, documentos, etc.), foram considerados apenas aqueles que se referiam especificamente a relatórios oficiais ou documento de políticas institucionais de empresas atuantes no setor do agronegócio. Cabe ressaltar que coleta destas fontes considerou todos os resultados que constavam até a terceira página de resultados da busca. Ao total, foram considerados 6 documentos disponíveis em arquivos no formato PDF (Quadro 1).

Quadro 1: Corpus da análise de conteúdo

Empresa	Título da Fonte	Área de atuação
Coopercitrus	Relatório de sustentabilidade Coopercitrus - um compromisso firme com o futuro sustentável do agronegócio. In. Coopercitrus Expo 2023 - Conectando gerações para o agro crescer como um todo.	Comercialização de insumos, máquinas e implementos agrícolas
Amaggi	Relatório ESG 2022 - Desenvolvimento aliado à sustentabilidade é a nossa essência	Produtora de grãos e fibras (soja, milho e algodão)
Frimesa	Frimesa esg 2040 - juntos pela sustentabilidade!	Produtora de suínos e laticínios
Nutrien	Relatório de Sustentabilidade 2021	Comercialização de insumos e serviços agrícolas
Ourofino	Sustentabilidade na Ourofino. In.: Relatório Anual 2023	Fabricação de produtos veterinários
Grupo Lavoro Agro	Política de Sustentabilidade e ESG	Comercialização de insumos e serviços agrícolas

Fonte: Autores.

Esses recursos informacionais (Quadro 1) compuseram um corpus documental para a aplicação de uma Análise de Conteúdo (Bardin, 2011), a fim de sistematizar as práticas de ESG de empresas do agronegócio agrupando-as por finalidades similares. Com a definição de categorias, todas as práticas identificadas foram classificadas agrupadas por similaridade, permitindo a associação das contribuições da IA por grupos específicos. É importante destacar que as categorias foram definidas baseadas em alguns critérios definidos por Bardin (2011): ser clara o suficiente para expressar a semântica; ser mutuamente excludentes, ou seja, ser exclusiva o suficiente para que o conteúdo não fosse classificado em mais de uma categoria;

não ser demasiadamente amplas para não ser genérica demais; e serem em quantidade suficientes para que todas as práticas fossem classificadas.

Os procedimentos metodológicos se encerram com a correlação das categorias com possíveis contribuições baseadas na IA. Para identificar tais contribuições, realizou-se uma nova etapa de buscas online, mas desta vez utilizando uma ferramenta baseada em IA generativa. Para isso utilizou-se o *Gemini*¹, um serviço experimental de IA desenvolvido pelo Google que incrementa as buscas realizadas pela internet por meio de uma plataforma de conversação apoiada em dados de pesquisas e modelos de linguagens. No chat de interação da ferramenta foram realizadas uma série de perguntas e os resultados da interação foram processados nos resultados apresentados na seção seguinte do artigo.

4. Resultados

Para compor os resultados da pesquisa, foram identificados 43 exemplos de práticas, políticas e/ou metas de ESG² citadas em documentos disponibilizados por empresas ligadas ao setor do agronegócio (Quadro 1).

Para organizar tais práticas a fim de associá-las com as contribuições da IA foram definidas 8 categorias que as agrupam por finalidades comuns e características similares, sendo que a primeira intitula-se ‘**Universalização do conhecimento e transparência**’ e foi a categoria com maior quantidade de práticas classificadas, 10 no total. Esta categoria faz alusão às práticas relacionadas com a difusão de informações técnicas e organizacionais; socialização de serviços e plataformas digitais entre *stakeholders*; padronização da apresentação de documentos e da geração de indicadores para melhorar o processo comunicacional; promoção da transparência informacional por meio da disponibilização de relatórios e boletins; divulgação de orientações sobre o uso de produtos potencialmente perigosos para o meio ambiente; etc. Destaca-se que esta categoria está ligada a todas as dimensões do ESG e é crucial para representar uma agenda coordenada, uma vez que o caráter informacional é fator determinante para distinguir o conceito de ESG atual em comparação com as concepções anteriores acerca da responsabilidade social e ambiental das empresas, na qual a questão da geração e disseminação de informações ficava em segundo plano para priorizar o caráter prático das ações.

¹ Gemini. Disponível em: <https://gemini.google.com/app>. Acesso em: 02 jul. 2024.

² Tabela com os dados disponíveis em: <https://drive.google.com/drive/folders/1F2gKhoNtfBZFDP4tK9Cqpc6fS7M-xFHD>. Acesso em: 10 jul. 2024.

‘**Compras e logística inteligente**’ é o título da segunda categoria com a maior quantidade de práticas classificadas, com 8 no total. Esta categoria refere-se às práticas ligadas com a gestão consciente e a rastreabilidade da cadeia de suprimentos; aplicação critérios para seleção de fornecedores baseados em requisitos de sustentabilidade e direitos humanos; priorização do uso e aquisição de embalagens recicláveis ou reutilizáveis, etc. Seus efeitos se manifestam principalmente na dimensão da Governança das práticas de ESG, refletindo em processos internos da organização.

A terceira categoria com maior quantidade de práticas classificadas, totalizando 6 práticas, consiste em ‘**Ações de descarbonização**’. Essas ações podem incluir diversas medidas como eletrificação de frotas e substituição de equipamentos que emitem gases de efeito estufa; substituição da matriz energética apoiada em combustíveis fósseis para fontes menos poluentes; realizar o cálculo do inventário de carbono da operação da empresa e gerenciar suas emissões; disseminar práticas ligadas a agricultura de baixo carbono entre seus *stakeholders*; etc. Esta categoria está ligada principalmente à dimensão Ambiental das práticas de ESG, que no setor do Agronegócio tem importância latente devido às implicações que a atividade ocasiona ao meio ambiente.

Com relação a categoria denominada ‘**Eficiência de processos produtivos**’, cuja qual 5 práticas identificadas puderam ser classificadas, esta categoria refere-se a ações adotadas para otimizar o consumo de energia e recursos naturais nos processos de produção (ex: água); recorrer a certificação, auditorias e sistemas de gestão; adotar práticas de manejo amparadas pelas boas práticas de bem-estar animal; controlar ou substituir o uso de insumos químicos; entre outras. Esta categoria pode ser relacionada tanto com a dimensão da Governança das práticas de ESG quanto a dimensão Ambiental, e também obteve uma recorrência alta de práticas classificadas no contexto das empresas analisadas.

‘**Empoderamento social**’, com 5 práticas classificadas, é a categoria que refere-se às ações organizacionais ligadas ao fortalecimento de comunidades de minorias; garantia dos direitos das mulheres, pessoas negras, LGBTQIA+, comunidades tradicionais, ribeirinhas, quilombolas e indígenas; socialização da educação e promoção da inclusão de produtores em processos de inovação tecnológica; etc. Esta categoria se aproxima principalmente da dimensão Social das práticas de ESG, tendo um espectro que extrapola os limites da gestão dos recursos humanos internos da organização para alcançar aspectos humanos dos agentes ligados indiretamente à organização.

‘**Bem-estar e Segurança do trabalho**’ é a categoria definida para classificar práticas relacionadas à garantia dos direitos trabalhistas; investimento em prevenção de acidentes; preocupação com saúde mental; estimular relações de trabalho éticas; etc. Ao total, 4 exemplos de práticas foram classificadas nesta categoria, que também se associa à dimensão Social das práticas de ESG realizadas pelas empresas, mas com o foco específico para os recursos humanos da organização.

A categoria ‘**Recuperação ambiental**’ teve 3 práticas classificadas e agrupa ações das empresas ligadas à restauração da flora e de áreas degradadas; ao tratamento de rios e mananciais; controle de erosão e fertilidade do solo; etc. Este grupo também tem associação com a dimensão Ambiental dos pilares do ESG, mas abrange outros desafios além daqueles causados pela emissão dos gases do efeito estufa, visando para alcançar a reparação de danos ambientais já ocorridos no decorrer da produção.

A última categoria definida intitula-se ‘**Sustentabilidade energética**’ e agrupa 2 exemplos de práticas que se propunham a adotar fontes limpas e renováveis de energia ou bioenergia. Esta foi a terceira categoria definida para agrupar ações ligadas à dimensão Ambiental das práticas de ESG, e se distingue das anteriores pois não busca a reparação de danos ambientais e nem se destina a causa das emissões de gases, tendo um viés específico para adoção de matrizes energéticas mais sustentáveis.

Para identificar e sistematizar as contribuições da IA para cada uma das 8 categorias definidas para representar as principais práticas de ESG no âmbito do agronegócio, foram coletadas informações na ferramenta Gemini do Google. Para tanto, foram realizadas as seguintes questões no recurso de interação: ‘como a inteligência artificial pode contribuir para a universalização do conhecimento e transparência na governança das empresas no agronegócio?’ ‘Como a inteligência artificial pode contribuir com as compras e logística inteligente de empresas no agronegócio?’ ‘Como a inteligência artificial pode contribuir com as ações de descarbonização de empresas do agronegócio?’ ‘Como a inteligência artificial contribui para a eficiência do processo produtivo de empresas do agronegócio?’ ‘Como a inteligência artificial contribui para o empoderamento social nas empresas do agronegócio?’ ‘Como a inteligência artificial contribui para o bem-estar social e segurança do trabalho nas empresas do agronegócio?’ ‘Como a inteligência artificial contribui para as ações de recuperação ambiental nas empresas do agronegócio?’ E, por último, ‘como a inteligência artificial pode contribuir com as ações de sustentabilidade energética de empresas do agronegócio?’.

O Quadro 2 ilustra um resumo das contribuições apontadas pelo Gemini em relação a cada uma das 8 categorias de práticas ESG no contexto do agronegócio.

Quadro 2: Contribuição da IA para as categorias de práticas ESG realizadas por empresas do agronegócio

Categorias	Contribuição da IA
Universalização do conhecimento e transparência	Disponibilizar chatbots e assistentes virtuais personalizados com IA no processo comunicacional com stakeholders; automatizar a análise e divulgação de relatórios de governança e sustentabilidade; utilizar algoritmos para detecção de riscos ambientais por meio de simulações e compartilhar as informações com os stakeholders; etc.
Compras e logística inteligente	Análise preditiva de demanda em períodos de sazonalidade; automação do processo de abastecimento; otimização de rotas reduzindo consumo de combustíveis; rastreamento de insumos produzidos com práticas éticas e sustentáveis; etc.
Ações de descarbonização	Utilizar simulações para auxiliar na otimização da alimentação animal e no manejo de pastagens, ocasionando redução de emissões de metano; utilizar algoritmos para monitorar e estimar a emissão direta e indireta de gases durante todo processo produtivo; etc.
Eficiência de processos produtivos	Utilizar, na lavoura, sensores e dispositivos conectados para coletar dados em tempo real sobre diversas variáveis, estimando parâmetros sobre a saúde das plantas, presença de pragas e doenças, condições do solo e clima; utilizar robôs autônomos controlados por IA para automatizar tarefas repetitivas e manuais, como pulverização de pesticidas, colheita de frutas e monitoramento de animais, liberando mão de obra para atividades mais estratégicas e complexas, otimizando a produtividade e reduzindo custos com mão de obra; gerar mapas de zoneamento agrícola que definem as áreas mais adequadas para diferentes culturas, considerando fatores como clima, solo, topografia e histórico de produção, otimizando assim a produtividade e minimizando o impacto ambiental; etc.
Empoderamento social	A IA pode personalizar programas de treinamento e desenvolvimento de habilidades, de acordo com as necessidades e a linguagem dos agentes ligados ao agronegócio; algoritmos inteligentes podem auxiliar na organização de campanhas de conscientização, na mobilização de comunidades e na coleta de feedback de cidadãos, fortalecendo a participação democrática e a construção de ações sociais mais eficazes pelas empresas.
Bem-estar e Segurança do trabalho	Algoritmos inteligentes podem analisar séries de dados históricos de acidentes, condições do ambiente de trabalho, comportamento dos trabalhadores e outros fatores para identificar padrões e prever riscos potenciais de acidentes e doenças ocupacionais, permitindo que medidas preventivas sejam tomadas com antecedência, minimizando os riscos e salvando vidas; sensores e dispositivos conectados podem monitorar o funcionamento de máquinas e equipamentos agrícolas em tempo real, e algoritmos inteligentes podem prever falhas, anomalias e desgastes que podem colocar os trabalhadores em risco, acionando alertas imediatos para que a manutenção preventiva seja realizada, evitando falhas súbitas e acidentes graves; recursos baseados em IA podem analisar vídeos e imagens para identificar erros humanos em procedimentos de trabalho, como uso inadequado de EPIs, operação incorreta de máquinas ou postura inadequada, fornecendo feedback personalizado aos trabalhadores e auxiliando na correção de comportamentos inseguros e prevenção de acidentes; etc.
Recuperação ambiental	A IA pode analisar imagens de satélite, câmeras trap e outros dados para monitorar a fauna e flora em áreas agrícolas, identificando espécies ameaçadas de extinção e áreas de preservação ambiental; a IA pode auxiliar no gerenciamento de áreas protegidas dentro das propriedades agrícolas, definindo limites, monitorando atividades ilegais e promovendo a recuperação da vegetação nativa.
Sustentabilidade energética	Analisar dados geoespaciais e climáticos, e gerar modelos para identificar áreas com alto potencial para geração de energia solar e eólica na propriedade; utilizar sensores e dispositivos conectados para monitorar o consumo de energia em diferentes setores da propriedade agrícola, como irrigação, bombeamento de água e armazenamento de grãos, identificando oportunidades para otimizar o consumo e reduzir custos; etc.

Fonte: Autores.

Em síntese, observou-se que todas as categorias definidas na pesquisa para abranger práticas de ESG no contexto do agronegócio podem receber contribuições de soluções baseadas

em IA. Tais contribuições referem-se principalmente à automação de processos produtivos; geração e disseminação de informações; análise de dados para identificar padrões específicos que permitam adotar ações de manejo ou de gestão; personalização de serviços e de práticas de gestão; etc.

Entretanto, é importante destacar que diante de tais contribuições emergem novos desafios, como, por exemplo, a dependência de um planejamento institucional articulado, disponibilidade financeira para investimento em recursos informáticos e o desenvolvimento de competências digitais específicas em todos os envolvidos. A última seção do artigo apresenta as conclusões e reflexões obtidas a partir dos resultados apresentados.

5. Considerações finais

A IA oferece um potencial significativo para transformar as práticas de ESG. Ao fornecer ferramentas para monitoramento ambiental, otimização de recursos, educação, inclusão digital, saúde pública, transparência e governança, a IA pode ajudar a criar um futuro mais sustentável e inclusivo para as empresas de todos os setores econômicos. Neste sentido, esta pesquisa identificou práticas de ESG específicas do contexto do agronegócio, observando suas nuances e aspectos principais.

Para organizar o estudo das práticas identificadas, foram definidas categorias que agrupam o conteúdo por finalidades similares. É importante destacar que a definição de uma estrutura composta por 8 categorias é mais específica que utilizar as três dimensões genéricas das práticas de ESG – Meio ambiente, Social e Governança – assim foi possível correlacionar as contribuições da IA com um espectro mais específico de ações.

Os resultados apresentados neste artigo podem contribuir com pesquisadores que estão investigando os efeitos da onda ESG na atualidade, fornecendo um recorte específico do setor do agronegócio. Não obstante, também pode contribuir informando outros agentes do mercado sobre as tendências do setor e de como podem viabilizar uma agenda de ESG suportada pelo uso de serviços e soluções baseadas em IA.

Cabe ressaltar que a amostra de 6 empresas do agronegócio é limitada para refletir um padrão de todo o setor, mas é um ponto de partida importante para observar as características específicas do contexto, possibilitando a definição de categorias específicas para representar as práticas adotadas no setor. Para pesquisas futuras, considera-se ampliar a estratégia de coleta das contribuições da IA em outras ferramentas de busca, a fim de agregar outras contribuições

para cada uma das categorias.

REFERÊNCIAS

- ARÃO, C. Por trás da inteligência artificial: uma análise das bases epistemológicas do aprendizado de máquina. **Trans/form/ação**, v. 47, n. 3, 2024.
- ABNT. Sistema de gestão ambiental: requisitos com orientação para o uso. 2015.
- ANDERSEN, K. V.; HENRIKSEN, H. Z. E-government maturity models: Extension of the Layne and Lee model. **Government Information Quarterly**, v. 23, n. 1, p. 236-248, 2006.
- ASTRATOVA, G. V.; OZKAN, B. Transition from the Concept of "Sustainable Development" to the Concept of ESG. **Global Practices of Sustainable Agri Farm Business**, p.1-16, 2022.
- B3. **Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE B3)**. B3, 2022. Disponível em: <https://iseb3.com.br/o-que-e-o-ise> Acesso em: 04 abr. 2024.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70. 2011
- BITTENCOURT, M. **ESG no Agronegócio: Conheça as Práticas que Fortalecem o Setor**. Agrosmart, 2021. Disponível em: <https://agrosmart.com.br/blog/esg-e-agronegocio-conheca-as-praticas-que-fortalecem-o-setor/>. Acesso em: 05 abr. 2024.
- BOTELHO, A. **Práticas ESG e o uso da tecnologia como indutor**. TIinside, 2021. Disponível em: <https://tiinside.com.br/16/12/2021/praticas-esg-e-o-uso-da-tecnologia-como-indutor/>. Acesso em: 05 abr. 2024.
- CASTELLS, M. **A Sociedade em Rede**. São Paulo: Paz e Terra S.A. 1999.
- CASTRO, A. M. G. Prospeção de cadeias produtivas e gestão da informação. **TransInformação**, Campinas, v.13, n.2, p. 55-72, jul./dez. 2001
- DatacenterDynamics. **A Inteligência Artificial na implementação e avanços em ESG**. DatacenterDynamic, 2024. Disponível em: <https://www.datacenterdynamics.com.br/opini%C3%B5es/a-inteligencia-artificial-na-implementacao-e-avancos-em-esg/> Acesso em: 11 de jul. 2024.
- FERRAZ, C. O.; PINTO, W. F. Tecnologia da Informação para a Agropecuária: Utilização de Ferramentas da Tecnologia da Informação no Apoio a Tomada de Decisões em Pequenas Propriedades. RECoDAF – **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v. 3, n. 1, p. 38-49, jan./jun. 2017.
- GUEVARA, A. J. de H.; DIB, V. C. ESG Principles, Challenges and Opportunitites.. **Journal on Innovation and Sustainability**, v.13, n.4, p.18-31, 2022.
- HACKENHAAR, N. M.; HACKENHAAR, C.; ABREU, Y. V. de. Robótica na agricultura. **Interações** (Campo Grande), v. 16, n. 1, p. 119–29, 2015.
- JESUS, M. E. R. de. et al. AgriToca: uma solução de software para aproximar a agricultura familiar e o mercado no município de Palmas-TO e região. **RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 7, n. 2 2021.
- LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistemas de Informações Gerenciais**. 11.ed. São Paulo: Pearson Universidades, 2014. 504p.
- MAIA, A. G; PIRES, P. dos S. Uma compreensão da sustentabilidade por meio dos níveis de

complexidade das decisões organizacionais. **Rev Adm Mackenzie** [Internet]. v. 12, n., p. 177–206, 2011.

NICOLACI-DA-COSTA, A. M. Revoluções tecnológicas e transformações subjetivas. **Psic.: Teor. e Pesq.** v.18, n.2, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ptp/a/B8YrM538mSbqLJk6hwSdcPN/?lang=pt>. Acesso em: 01/09/2024.

ONU. **A ONU e o meio ambiente**. ONU Brasil, 2020. <https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>. Acesso em: 05 abr. 2024.

ONU. **FAO: Se o atual ritmo de consumo continuar, em 2050 mundo precisará de 60% mais alimentos e 40% mais água**. ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/68525-fao-se-o-atual-ritmo-de-consumo-continuar-em-2050-mundo-precisar%C3%A1-de-60-mais-alimentos-e-40>. Acesso em: 05 abr. 2024.

ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 05 abr. 2024.

POLLMAN, E. **The Making and Meaning of ESG**. Working Paper N° 659/2022, 2022.

PORTER, M. E. **Strategy and the Internet**. Boston: Harvard Business Review, 2001. p. 63-78.

RODRIGUES, P. B. **Transformação digital e ESG: juntos ou separados?**. Embratel, 2022. Disponível em: <https://mercadoeconsumo.com.br/23/06/2021/artigos/transformacao-digital-e-esg-juntos-ou-separados/>. Acesso em: 05 abr. 2024.

SAUSEN, D. et al. Agrotecnologias disruptivas. **RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 6, n. 2 2020.

SAXENA, A. et al. Technologies Empowered Environmental, Social, and Governance (ESG): An Industry 4.0 Landscape. **Sustainability**, v.15, n.1, p.309, 2023.

STEBLIANSKAIA, E. et al. Environmental-social-governance concept bibliometric analysis and systematic literature review: Do investors becoming more environmentally conscious? **Environmental and Sustainability Indicators**, n. 17, n.1, 2023.

TEGMARK, M. **Friendly Artificial Intelligence: The Physics Challenge**. En Walsh, T, editor. **Artificial Intelligence and Ethics**. Palo Alto, CA: AAAI Press; 2015, p. 87-89.

WEF. **World Economic Forum Annual Meeting**. WEF, 2023 Disponível em: <https://www.weforum.org/events/world-economic-forum-annual-meeting-2023>. Acesso em: 05 abr. 2024.