



O PARADOXO ENTRE PROCESSOS MANUAIS E DIGITAIS – UMA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DO PAPEL OFFSET EM UMA UNIVERSIDADE BRASILEIRA.

THE PARADOX BETWEEN MANUAL AND DIGITAL PROCESSES - A LIFE CYCLE ANALYSIS OF OFFSET PAPER AT A BRAZILIAN UNIVERSITY.

Ms. Fernanda Camila Martinez Delgado, Doutoranda em Engenharia de Produção, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Unesp

Fernanda.delgado@unesp.br

Vinicius Artero Sanches – Mestrando em Engenharia de Produção - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Unesp

vinicius.sanches@unesp.br

Aldino Miguel Francisco – Doutorando em Engenharia civil - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Unesp

Aldino.miguel@unesp.br

Dr.^a Barbara Stolte Bezerra – Professora do Departamento de engenharia civil e de produção - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Unesp

Barbara.bezerra@unesp.br

RESUMO:

A digitização, transformar processos manuais em digitais, é uma tendência na atualidade e há indícios de que seja uma opção para auxiliar no alcance de metas ambientais, especialmente nas Universidades; substituindo processos manuais com o uso do papel offset por processos digitais. Diante disso, esta pesquisa analisou o impacto ambiental do consumo de papel A4 offset na Faculdade de Engenharia da Unesp em Bauru (FEB), por meio da Análise do Ciclo de Vida (ACV), após a implantação da digitização de processos, no período da Pandemia do COVID-19. Os principais resultados indicam que a redução do consumo de papel offset colaborou para a diminuição em 74% sobre os impactos nas mudanças climáticas, ecotoxicidade da água doce e consumo de energia na Faculdade analisada.

Palavras-chave: papel offset A4, LCA, universidade, Covid-19, sustentabilidade, processos digitais.

ABSTRACT:

Digitization, transforming manual processes into digital ones, is a current trend and there are indications that it is an option to help achieve environmental goals, especially at

Universities; replacing manual processes with the use of offset paper by digital processes. In view of this, this research analyzed the environmental impact of the consumption of A4 offset paper at the Faculty of Engineering of Unesp in Bauru (FEB), through the Life Cycle Analysis (LCA), after the implementation of the digitization of processes, in the period of COVID-19 pandemic. The main results indicate that the reduction in offset paper consumption contributed to a 74% decrease in impacts on climate change, freshwater ecotoxicity and energy consumption in the analyzed Faculty.

1. Introdução

A Indústria 4.0, conhecida como “Quarta Revolução Industrial”, “Manufatura Inteligente”, “Internet Industrial” ou “Indústria Integrada”, é hoje um tema comumente discutido. Supõe-se que a Indústria 4.0 tem o potencial de impactar indústrias inteiras, mudando a forma como os produtos são projetados, fabricados, entregues e pagos, e a forma como os serviços são prestados (Maresova *et al.* 2018).

Fazem parte da Indústria 4.0 vários tipos de inovações, tais como: manufatura inteligente, computadores integrados, altos níveis de adaptabilidade, mudanças de design, tecnologia da informação, digitização dos processos, treinamento de força de trabalho, mudanças rápidas nos níveis de produção com base na demanda e otimização dos processos na cadeia de suprimentos (Piccarozzi *et al.*, 2022).

Essas inovações têm se tornado cada vez mais frequentes na vida das pessoas, principalmente nas temporadas de 2020 e 2021, quando o distanciamento físico e social era obrigatório por causa da pandemia de Covid-19. Essa situação inédita aproximou pessoas e empresas por meio da internet. Dessa forma, a digitização, a internet das coisas e as plataformas de reunião online foram rapidamente aprimoradas e caíram no gosto popular e empresarial, sendo encaradas como novas ferramentas de trabalho (Simões *et al.*, 2021).

Com destaque, a digitização possibilitou armazenar e compartilhar informações por meio eletrônico, automatizar atividades repetitivas; permitiu o trabalho remoto; melhorou a comunicação dentro da equipe; ajudou a criar ofertas especiais e novos canais de comunicação com os clientes (Ingaldi e Klimecka -Tatar, 2022).

A ferramenta também alcançou as Universidades, uma vez que o trabalho de gestão e propagação do conhecimento dependem, em parte, da disponibilidade de recursos adequados para o alcance de seus objetivos (Omona; van-der-Weide; Lubega, 2010).

Para as universidades, a digitização também auxiliou no alcance de metas de sustentabilidade, no aspecto social, integrando os alunos às novas tecnologias (Decman e Rep, 2022) e nos aspectos ambiental e econômico, através da economia de materiais (Carayannis e Morawska-Jancelewicz, 2022).

Diante dessa realidade, cita-se que um dos materiais que mais sofreu impacto, nas Universidades, devido à mudança dos processos, acelerada no período da COVID-19, foi o papel Offset A4. As declarações, memorandos e outros documentos deixaram de ser impressos e passaram a integrar uma plataforma digital com armazenamento em nuvem (Wolf *et al.*, 2022; Coman *et al.*, 2023).

Segundo Al Jaber *et al.* (2022), na Universidade de Sharjah, nos Emirados Árabes Unidos, a digitalização dos processos diminuiu o consumo médio de papel offset em 52,94% no período da pandemia do COVID-19.

Sancho e Calvo (2022), confirmam em um estudo com Universidades de países da América Latina que antes da pandemia de COVID-19, as correlações entre as frequências de uso das tecnologias de comunicação e informação (TIC), em diferentes atividades acadêmicas, eram positivas e estatisticamente significativas, mas moderadas e, depois da pandemia, as correlações ainda eram positivas e significativas, mas todas mais altas do que antes da pandemia.

Seguindo pelo mesmo caminho, no Brasil, com a finalidade de fomentar a sustentabilidade nos órgãos públicos, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) criou a Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), de adesão voluntária (MMA, 2009). Por sua vez, o Governo Federal publicou o Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012 para estabelecer critérios com o fim de promover o desenvolvimento nacional sustentável e o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão estabeleceu regras para a elaboração dos Planos de Gestão de Logística Sustentável (PLS).

A partir desta ação do Governo, as Universidades Federais passaram a adotar o PLS como ferramenta de planejamento com objetivos, responsabilidades, metas, prazos de execução e mecanismos definidos para estabelecer práticas de sustentabilidade e racionalização de gastos.

Com o PLS, a universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) conseguiu substituir 39% dos documentos impressos para documentos virtuais (Rio de Janeiro, 2022); a Universidade Federal de Santa Catarina teve uma queda de 85% do consumo de papel offset de 2019 para 2020 (Santa Catarina, 2022); já a Universidade Federal do ABC (UFABC) implementou um sistema integrado de gestão com mecanismo de controle da impressão por identificação do funcionário responsável, mas ainda não há dados específicos sobre a redução do consumo do papel offset.

Dada a importância da inovação de processos para diversos fins, esta pesquisa realizou uma análise de ciclo de vida do consumo de papel offset, utilizando dados da Faculdade de Engenharia da Unesp em Bauru em uma abordagem cradle-to-gate, fazendo um comparativo do consumo no período de 2017 a 2021, utilizando os Inventários de Ciclo de Vida (LCI) do papel offset de Galdiano (2006) e Silva *et al.* (2015).

2. Método

2.1 Local do Estudo de Caso

O estudo de caso foi realizado na Faculdade de Engenharia de Bauru (FEB), Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Bauru, Brasil. A FEB oferece cursos de graduação e pós-graduação nas áreas de Engenharia Civil, Elétrica, Mecânica e de Produção, além de diversos cursos de Especialização e Extensão. Atualmente, a FEB atende 1.200 alunos entre os cursos citados acima.

2.2 Avaliação do ciclo de vida

Para esta pesquisa foram utilizados os parâmetros da norma técnica NBR 14040 (ABNT, 2014a) e 14044 (ABNT, 2014b) e o Ciclo de Vida do Inventário para papel offset A4 foi adaptado dos estudos de Galdiano (2006) e Silva *et al.* (2015). A unidade funcional desta pesquisa é a vazão de referência de 1kg de papel offset A4 consumido.

3.2.1 Definições de objetivo e escopo

O estudo visa aplicar a metodologia da Análise de Ciclo de Vida para avaliar o impacto ambiental associado ao consumo de papel offset A4, utilizado pela Faculdade de Engenharia da UNESP em Bauru no período de 2017 a 2021, após a intensificação do uso da digitalização.

Para o limite do sistema, foram contemplados os processos de produção florestal, produção de papel (incluindo subsistemas de extração de celulose, produção de papel offset, recuperação química e tratamento de efluentes), uso de papel e posterior descarte, além dos subsistemas de transporte para todas as etapas relacionadas. Não foram considerados os processos de reciclagem do papel após o uso, pois não há dados confiáveis para acompanhamento da destinação final. O limite do sistema é mostrado na Figura 1.

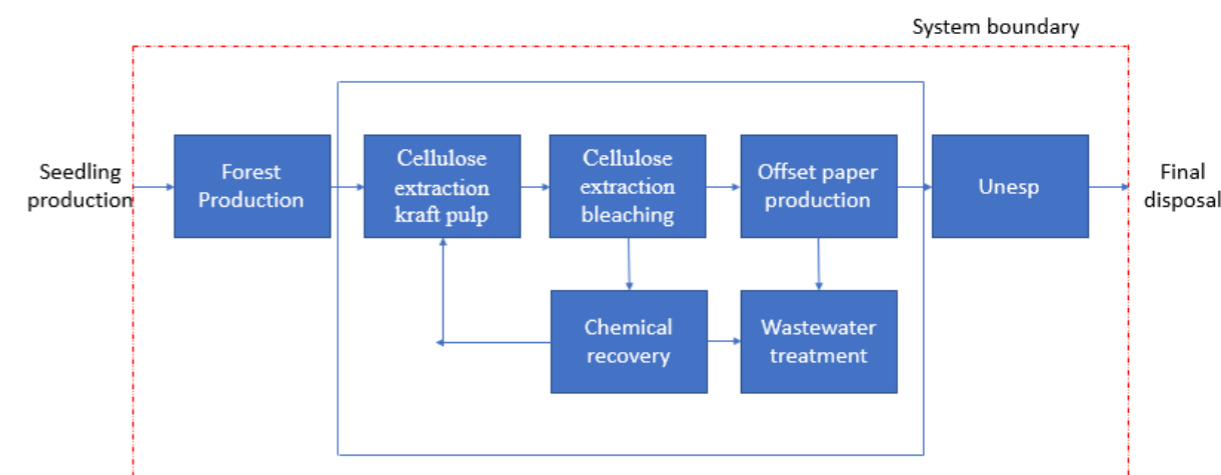


Figura 1: Limite do sistema do papel offset (ACV) nesta pesquisa. **Fonte:** Elaborado pelos Autores.

A unidade funcional adotada, conforme mencionado anteriormente, é o fluxo de referência de 1kg de papel offset A4, relacionando os aspectos ambientais de entrada e saída para cada um dos subsistemas que compõem o sistema de produto em estudo.

3.2.2 Inventário do Ciclo de Vida

Para a fase de Inventário do Ciclo de Vida (LCI), os inventários de conjuntos de dados de produção de madeira de eucalipto (subsistema de produção florestal) e papel offset (subsistema de produção industrial) foram extraídos de dois estudos brasileiros de ACV, Silva *et al.* (2015) e outro de Galdiano (2006).

Tanto Galdiano (2006) como Silva *et al.* (2015) fizeram estudos sobre ACV do papel offset, envolvendo a produção de madeira, extração de celulose, fabricação industrial de papel

offset, e outros subsistemas associados as condições típicas do Brasil, mas no inventário de Silva *et al* (2015) a etapa de produção da madeira foi mais detalhada e atual, por esse motivo, nesta pesquisa, foram utilizados os dados da produção da madeira de Silva *et al* (2015) e de Galdiano (2006) para as demais etapas.

3.2.3 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

Para a avaliação do ciclo de vida foi utilizado o software OpenLCA, e o método para demonstrar os impactos foi o ReCiPe V 1.13, onde é possível verificar os impactos nas mudanças climáticas, eutrofização, ecotoxicidade e toxicidade humana.

São exemplos de resultados para os impactos de mudanças climáticas, eutrofização, ecotoxicidade e toxicidade humana e respectivas unidades de medida a ocupação de terras agrícolas (ALOP), mudança climática (GWP500), esgotamento fóssil (FDP), ecotoxicidade de água doce (FETPinf), esgotamento fóssil (FDP), ecotoxicidade de água doce (FETPinf), eutrofização de água doce (FEP), toxicidade humana (HTPinf), radiação ionizante (IRP_HE), ecotoxicidade marinha (METPinf), eutrofização marinha (MEP), depleção de metais (MDP), transformação natural do solo (NLTP), destruição do ozônio (ODPinf), formação de material particulado (PMFP), formação de oxidante fotoquímico (POFP), acidificação terrestre (TAP500), ecotoxicidade terrestre (TETPinf), ocupação do solo urbano (ULOP), esgotamento da água (WDP); que passam a ser analisados na seção seguinte.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como principais resultados, pode-se observar que a utilização do papel dentro da Faculdade de Engenharia da Unesp em Bauru ocorre principalmente nas áreas Administrativas (Departamentos de Recursos Humanos, Graduação e Pós-Graduação), além dos alunos da FEB, durante os cursos presenciais dentro da faculdade. O consumo médio anual em kg de papel dentro da Universidade é apresentado na Figura 2.

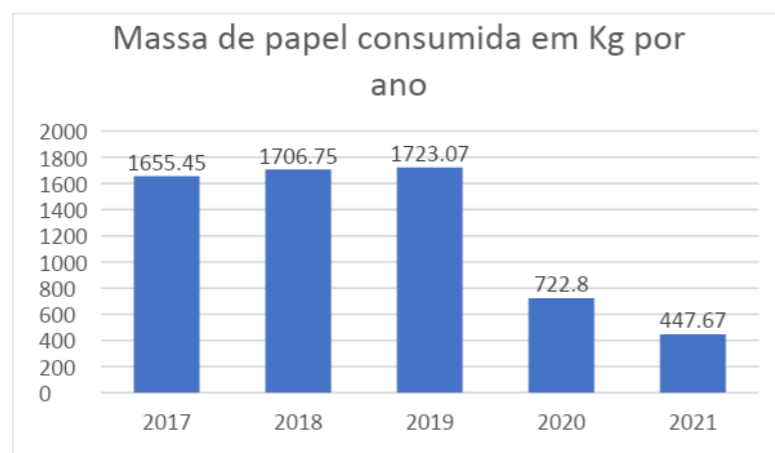


Figura 2: Massa de papel offset consumida em Kg por ano na Faculdade de Engenharia da UNESP de Bauru.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se que nos anos de 2017, 2018 e 2019, antes do início da pandemia, o consumo de papel offset A4 foi de 1.655,45 kg, 1.706,75 kg e 1.723,07 kg, respectivamente. Com o início da pandemia do COVID-19 e a intensificação do uso de processos digitais, o consumo de papel caiu consideravelmente para 722,80 kg em 2020 e 447,67 kg em 2021.

Com os dados de consumo do papel offset foram calculadas as emissões de cada componente, contemplando o Sistema de Transporte da Madeira, o Subsistema de extração e branqueamento, o Subsistema de recuperação química, o Subsistema de fabricação do papel offset e por fim o subsistema de tratamento de efluentes, organizados nos mesmos moldes de Galdiano (2006) e Silva *et al.*, (2015).

De acordo com os cálculos, para o Sistema de transporte de madeira, de 2017 a 2019 houve um aumento nas emissões dos gases relacionados ao uso de óleo diesel em caminhões (CO, CO₂, Hexacloretano e Óxido Nitroso (NO), e em 2020 e 2021 uma queda de 58,05%.

De acordo com as Categorias de Impacto Ambiental recomendadas pela indústria sueca de papel e celulose (adaptadas de EIA, 1999), os gases emitidos na fase de transporte (CO, CO₂ e NO) têm impacto direto no aquecimento global. O dióxido de enxofre (SO₂) é responsável pela acidificação (aumento do teor de ácido nos ecossistemas terrestres e aquáticos).

No Subsistema extração e branqueamento, concentra-se o uso da maioria dos ácidos e óxidos do sistema, como soda cáustica, espumante, clorato de sódio, ácido sulfúrico, enxofre, peróxido de hidrogênio, cal virgem, ácido clorídrico, metanol, causando efeitos como aquecimento global, destruição da camada de ozônio estratosférico, acidificação (aumento do teor de ácido nos ecossistemas terrestres e aquáticos), eutrofização (excesso de minerais e nutrientes no meio ambiente, principalmente nos recursos hídricos), além do alto consumo de energia elétrica e energia térmica, às vezes de fontes impuras.

No Subsistema de recuperação química, utilizam-se como entradas do processo o licor negro da digestão e lavagem e as energias elétrica e térmica, e como saídas do processo: material particulado, responsável pela formação dos oxidantes fotoquímicos (smog); SO₂, causando acidificação, TRS, sólidos suspensos, BOD₅, causando eutrofização; escória, grãos, cal queimada e cinzas de caldeiras, responsáveis pela poluição do solo.

No Subsistema de fabricação de papel offset; os insumos do sistema considerados: celulose, água, carbonato de cálcio precipitado, aditivos e energia elétrica e térmica. Na saída, são considerados: emissões atmosféricas de CO, causadoras do aquecimento global e do efeito estufa, efluentes líquidos purgados por máquinas e equipamentos fabris, responsáveis pela contaminação das águas; BOD₅ causando eutrofização; e restos de papel de resíduos sólidos que podem ser reciclados ou ir para aterros sanitários.

No Subsistema de tratamento de efluentes, são considerados como insumos: uréia, ácido fosfórico, polieletrólito e energia elétrica, que impactam diretamente na escassez de energia, aquecimento global, efeito estufa e eutrofização. Além disso, todos os produtos químicos e resíduos químicos gerados no processo podem causar toxicidade humana, além da toxicidade ambiental. Os efeitos mais recorrentes são o desenvolvimento de câncer e altos níveis de substâncias nocivas no organismo (Silva *et al.*, 2015).

Após a adoção do inventário, os impactos analisados no processo foram calculados utilizando o programa OpenLCA e a metodologia de avaliação ReCiPe, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Impactos ambientais anuais segundo a metodologia ReCiPe v 1.13.

Categoria de impacto	Unidade	2017	2018	2019	2020	2021
Ocupação de terras agrícolas (ALOP)	m ² a	3.86962	3.98953	4.02768	1.68955	1.04643
Mudanças climáticas (GWP500)	kg CO2-Eq	1.57905	1.62695	1.6425	0.689	0.42674
Depleção de fósseis (FDP)	kg óleo-Eq	0.7013	0.72303	0.72994	0.3062	0.18965
Água doce (FETPinf)	Kg 1,4 DCB-Eq	0.01604	0.01653	0.01669	0.007	0.00434
Eutrofização de água doce (FEP)	Kg P-Eq	0.00052	0.00054	0.00054	0.00023	0.00014
Toxicidade humana (HTPinf)	Kg 1,4 DCB-Eq	16.7928	17.3132	17.4787	7.33203	4.54113
Ecotoxicidade marinha (METPinf)	Kg 1,4 DCB-Eq	15.1838	15.6543	15.804	6.62951	4.10602
Eutrofização Marinha (MEP)	kg N-Eq	0.00045	0.00046	0.00047	0.0002	0.00012
ozônio (ODPinf)	KCFC-11-Eq	1.50E-07	1.60E-07	1.60E-07	6.70E-08	4.10E-08
Formação de Matéria Particular (PMFP)	Kg PM10-Eq	0.00664	0.00684	0.00691	0.0029	0.00179
Formação de oxidante fotoquímico (PO)	Kg NMVOC-Eq	0.00507	0.00522	0.00527	0.00221	0.00137
Acidificação terrestre (TAP500)	Kg SO2-Eq	0.00545	0.00562	0.00567	0.00238	0.00147
Ecotoxicidade terrestre (TETPinf)	Kg 1,4 DCB-Eq	0.00167	0.00172	0.00174	0.00073	0.00045
Ocupação do Solo Urbano (ULOP)	m2a	0.02588	0.02668	0.02693	0.0113	0.007
Esgotamento de água (WDP)	mB água-Eq	0.04217	0.04348	0.04389	0.01841	0.0114

De acordo com a Tabela 1, foram calculados os impactos de todo o processo produtivo durante os anos (2017, 2018, 2019, 2020 e 2021). Comparando os períodos críticos de maior consumo de papel (2019) com o período de menor consumo (2021), verifica-se que houve uma redução de impacto em média de cerca 74% em todos os itens.

Também foram calculados os dados de consumo de energia elétrica ao longo do processo de fabricação, principalmente nos anos críticos de maior consumo de papel (2019) e menor consumo (2021), sendo constatada uma queda no consumo de 1406,21 kWh. O consumo de água dentro do processo de fabricação do papel kraft teve uma redução de 24.398,40 no mesmo período comparativo (2019 e 2021), conforme as figuras: 2 e 3.

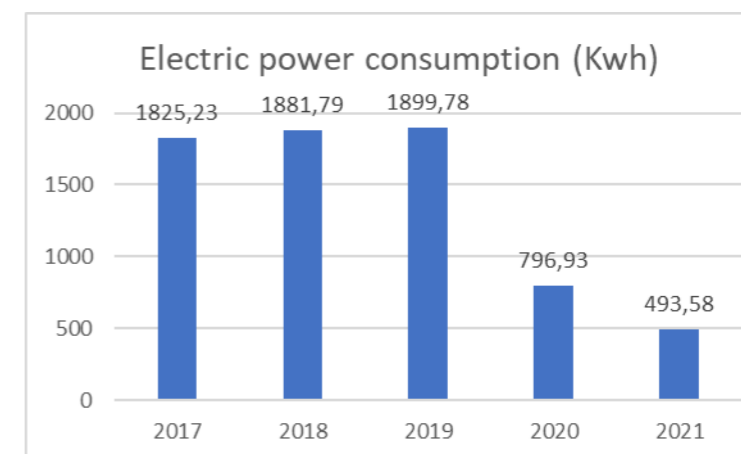


Figura 2: Consumo de energia elétrica por ano, na cadeia produtiva do papel Kraft.

Fonte: Elaborado pelos Autores.

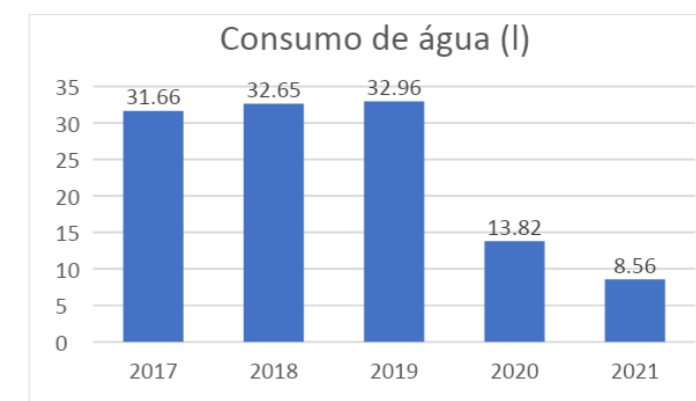


Figura 3: Consumo de água por ano, na cadeia produtiva do papel Offset.

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Portanto, a diminuição do uso de papel offset pela Faculdade de Engenharia da Unesp em Bauru, nos anos de 2020 e 2021, devido à intensificação de processos digitais no período da pandemia de Covid-19, trouxe diversos benefícios.

3.2 Impacto do uso da digitalização para a sustentabilidade nas Universidades

A digitalização surge na atualidade como uma mudança de processo capaz de regular estruturas industriais e energéticas, sendo de grande contribuição para a produção, circulação, consumo e compartilhamento de dados, tendo em vista que pode melhorar a eficiência energética, a conservação de recursos e redução de emissões (Xie and Wang, 2023).

Outros benefícios decorrentes do processo de digitalização são: a evolução da divisão do trabalho, o maior controle sobre os bens utilizados pelas equipes, a criação de uma cultura de



uso consciente dos materiais (Dongchu e Liu, 2022), além de promover satisfação do consumidor pela maior agilidade e comodidade nos atendimentos.

E não é só, o controle do uso de recursos de cada empresa, pública ou privada, inclusive das Universidades pode colaborar com objetivos maiores, impulsionando o desenvolvimento sustentável do país e auxiliando nas metas de redução de emissões de gases de efeitos estufa.

Em 2015, por exemplo, o Brasil assinou o acordo de Paris e se propôs a colaborar no controle das emissões que causam o aquecimento global, tendo em vista ser o 3º maior poluidor da lista de países signatários do acordo (Brasil, 2023).

Dentre as metas brasileiras para o acordo de Paris estão: aumentar o uso de fontes alternativas de energia, aumentar a participação de bioenergias sustentáveis na matriz energética para 18% até 2030, utilizar tecnologias limpas na indústria, melhorar a infraestrutura dos transportes, diminuir o desmatamento e reflorestar até 12 milhões de hectares.

Diante desta realidade, a digitização surge como uma ferramenta útil para alavancar o desenvolvimento sustentável das empresas e das Universidades em prol de um objetivo maior.

Em um sistema educacional moderno, a digitização implica no fornecimento de plataformas digitais abrangentes que ofereçam comunicação, acesso à internet, reuniões online, bibliotecas, soluções de inteligência artificial, computação em nuvem e outros serviços aos usuários que vieram a substituir boa parte dos documentos impressos em papel offset por dados em nuvem (Zhang, Gao, Zhou, 2023).

Na faculdade objeto desta pesquisa, houve a intensificação do uso da Plataforma Institucional on line e os documentos que antes eram impressos em papel offset são fornecidos por meio da plataforma, em PDF, com certificação de assinatura digital da autoridade responsável. Documentos como: histórico escolar, atestado de matrícula, declarações são emitidas via solicitação online. Também para matricular-se em cursos não é preciso a presença física do aluno, podendo ser feita de forma on line.

A plataforma Institucional on line da Faculdade agilizou processos que antes eram manuais e que demandavam uma espera de 5 a 7 dias para obtenção do documento. Hoje em meio a digitização as declarações e atestados são liberados em tempo real.

Por outro lado, o setor de tecnologia da informação também é conhecido pelo uso de excesso de energia, de emissões de gases de efeitos estufa e de ser responsável por grande quantidade de descarte de resíduos perigosos (resíduo eletrônico); com baixa capacidade de reciclagem. Sistemas de armazenamento de dados menores e portáteis com baixas demandas de resfriamento, energia e descarte, ainda estão em teste e são extremamente caros (Yazdani *et al.*, 2022).

No Brasil, a preocupação com o consumo de energia vai além das consequências ambientais, uma vez que o país possui uma das tarifas de energia elétrica mais caras do mundo (IEA, 2018).

Ainda, a grande quantidade de tráfego de dados é feita via computação em nuvem e com relação aos impactos ambientais, as nuvens computacionais podem agravar o problema das emissões de carbono e o aquecimento global, devido à alta demanda e baixa eficiência energética (Greenpeace, 2013).

Desde a COP 25, os custos de energia para manutenção da nuvem têm sido questionados, pois ao mesmo tempo em que as TICs auxiliam no desenvolvimento e cumprimento de muitas das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, elas também se tornam uma grande vilã no consumo de energia, responsável por 1,5% do consumo mundial de energia e 2% das emissões de CO₂. (Chen *et al.*, 2022).

Sobre os impactos do uso da digitização na Faculdade de engenharia da Unesp em Bauru ainda não há dados confiáveis para a aplicação da ferramenta de análise do ciclo de vida.

Como pode ser visto, há uma forte tendência forte sobre o uso da digitização e seus benefícios positivos na atualidade, mas é preciso que cada Universidade faça uma análise dos pontos positivos e negativos para verificar se a substituição do papel impresso por dados na nuvem estão realmente gerando economia de recursos e atendendo ao determinado pelo Governo e em Planos de gestão de Logística Sustentável.

4. CONCLUSÕES

A ACV é uma das principais técnicas para avaliar quantitativamente os impactos ambientais durante o ciclo de vida dos produtos. A aplicação desta técnica possibilita identificar os impactos ambientais mais relevantes (Silva *et al.*, 2015) e pode colaborar para fundamentar a tomada de decisões estratégicas nas Universidades, bem como servir de base para formulação de metodologias e indicadores para acompanhamento e gestão do Campus Universitário.

Desta forma, esta pesquisa teve o objetivo de fazer uma análise do ciclo da vida do papel offset consumido na Faculdade de Engenharia da Unesp em Bauru, com foco na digitização de processos, incentivado por metas governamentais e intensificados no período da pandemia do COVID-19.

Os resultados da análise do ciclo de vida do papel offset consumido na Faculdade de Engenharia da Unesp em Bauru, nos anos de 2017-2021, colaboraram para identificar os pontos de maior impacto ambiental relacionado ao consumo de papel offset.

Segundo os resultados desta pesquisa, a redução de consumo de papel offset A4, nos anos investigados (2017-2021), diminuiu em 58%, os impactos ambientais negativos, nos dois primeiros anos (2017-2018), e em 74% nos dois últimos anos (2020-2021) de acordo com as categorias elencadas na metodologia ReCiPe, dando indícios que a adoção da digitização pode ter sido uma boa decisão da alta administração da Universidade, em termos de sustentabilidade ambiental.

No entanto, é necessário que as Universidades ponderarem os pontos positivos e negativos da adoção do processo de digitização com uso da computação em nuvem, uma vez que esse sistema possui pontos negativos, como: alto custos de equipamentos, maior uso de energia para manutenção dos data centers, difícil reciclagem dos componentes eletrônicos e altas taxas de tarifa de energia praticadas no Brasil.

Faz parte de um bom plano de gestão, analisar todos os impactos do uso de materiais, assim, esta pesquisa colabora de forma gerencial e prática indicando um caminho salutar para outras universidades iniciarem o controle dos impactos ambientais de seus processos, através



da ferramenta de análise de ciclo de vida, a fim de tomarem decisões mais assertivas sobre o uso do papel offset, material de uso comum e corriqueiro.

Além disso, otimizar recursos colaborando com impactos ambientais são metas a serem atingidas pelas Universidades brasileiras, por meio da implementação dos PLS(s).

Também empresas de todos os portes, que realizam processo com papel offset impresso, são aptas a realizar uma análise do ciclo de vida e, assim, verificarem pontos de melhoria para otimização de recursos, maximização de lucros e ainda cumprimento de normas governamentais.

Do ponto de vista teórico o conceito de digitalização foi explorado nesta pesquisa, assim como em Alekseieva *et al.*, (2022), esse termo é designado para abranger a transformação de processos manuais em digitais e, nesta pesquisa, foi usado para analisar a troca dos processos manuais com uso de papel offset impresso pelos dados armazenados e compartilhados via Plataforma Institucional online da Universidade.

Como limitações do estudo, observa-se que a pesquisa englobou apenas a Faculdade de Engenharia da Unesp em Bauru e não todo o Campus, uma vez que cada Faculdade integrante do Campus possui autonomia para compras e os fornecedores de papel offset são diferentes.

Em relação a pesquisas futuras, a análise do consumo de energia dos equipamentos e da nuvem que serve a Faculdade pode gerar uma discussão mais rica em torno das vantagens e desvantagens da substituição de processo manual do uso do papel offset e os dados compartilhados via Plataforma Institucional e Armazenados em Nuvem

Referências

_____. **Agenda Ambiental na Administração Pública (A3 P)**. 5.ed. Brasília, DF. 2009. 100 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/cartilha_a3p_36.pdf> Acesso em: 21/04/2015.> Acesso em: 21 abr. 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento – SEPED Coordenação-Geral do Clima – CGCL. Disponível em **Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento – SEPED Coordenação-Geral do Clima – CGCL**. Acesso em jan. 2023.

ALEKSEIEVA K, NOVIKOVA I, BEDIUKH O, KOSTYUK O, STEPANOVA, A. Technological orders' change caused by the pandemics: Digitalization in the internationalization of technology transfer. **Problems and Perspectives in Management**, vol. 19, nº. 3, pp. 261-272, 2022.

AL JABERI, BH; ALSYOUF, I.; SEDAGHAT, MM; IBRAHIM, IAS; ALMALAHI, MN. The Role of Covid-19 in Moving Towards a Paperless Campus: The Case of the University of Sharjah. **Advances in Science and Engineering Technology International Conferences, ASET**, 2022 available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9734887>.

ANTÓN-SANCHO, A., SÁNCHEZ-CALVO, M. Influence of Knowledge Area on the Use of Digital Tools during the COVID-19 Pandemic among Latin American Professors. **Education Sciences** 12, no. 9: 635, 2022. <https://doi.org/10.3390/educsci12090635>.

Brasil. Decreto 7.746, de 5 de junho de 2012. **Regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993**. Disponível em planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7746.htm. Acesso em jan. 2023

CARAYANNIS, E.G., MORAWSKA-JANCELEWICZ, J. The Futures of Europe: Society 5.0 and Industry 5.0 as Driving Forces of Future Universities. **J Knowl Econ** 13, 3445–3471, 2022. <https://doi.org/10.1007/s13132-021-00854-2>.

CHEN, C., GUO, W., WANG, Z., YANG, Y., WU, Z., & LI, G. An Energy-Efficient Method for Recurrent Neural Network Inference in Edge Cloud Computing. **Symmetry**, 14(12), 2524, 2022.

COMAN, C., NETEDU, A., DAMEAN, S. L., TODERICI, O. F., BRICIU, V. A., PASCU, M. L., E BULARCA, M. C. Improving the Quality of Community Public Services-Case Study: General Directorate of Personal Records, Braşov. **Sustainability** 15, no. 1: 816, 2023. <https://doi.org/10.3390/su15010816>.

CONE, L., BRØGGER, K., BERGHMANS, M., DECUYPERE, M., FÖRSCHLER, A., GRIMALDI, E., HARTONG, S., HILLMAN, T., IDELAND, M., LANDRI, P., VAN DE OUDEWEETERING, K., PLAYER-KORO, C., BERGVIKEN RENSFELDT, A., RÖNNBERG, L., TAGLIETTI, D., & VANERMEN, L. Pandemic Acceleration: Covid-19 and the emergency digitalization of European education. **European Educational Research Journal**, 21(5), 845–868, 2022. <https://doi.org/10.1177/14749041211041793>.

DECMAN, N.; REP, A. Digitalization in Teaching Economic Disciplines: Past, Current and Future Perspectives. **Business Systems Research Journal**, 13(2) 1-7, 2022. <https://doi.org/10.2478/bsrj-2022-0012>.

EIA - Program on Advanced Energy-Efficient Technologies for the Pulp and Paper Industry. Annex XII: Assessment of life-cycle-wide energy-related environmental impacts in the pulp and paper industry. **Final Report**. Norway, 1999.

GALDIANO, GP (2006). Life Cycle Inventory of Offset Paper Produced in Brazil. **Master's Dissertation** in Chemical Engineering, Polytechnic School of the University of São Paulo.

IEA. **Ranking de tarifa de consumo de energia elétrica por país**. Disponível em <https://www.iea.org/data-and-statistics>. Acesso em jan. 2023.

INGALDI, M., KLIMECKA-TATAR, D. Digitization of the service provision process - Requirements and readiness of the small and medium-sized enterprise sector. **Procedia Computer Science**, Vol. 200, pp. 237-246, 2022.

ISO 14044:2006 (2006) **Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework**

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Agenda 21 Global**. Brasília, DF. 1995. Disponível em: <



<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>
Acesso em: 07 de jun. 2015.

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993.** Disponível em <https://www.gov.br/compras/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-no-10-de-12-de-novembro-de-2012#:~:text=NOVEMBRO%20DE%202012-,INSTRU%C3%87%C3%83O%20NORMATIVA%20N%C2%BA%2010%2C%20DE%2012%20DE%20NOVEMBRO%20DE%202012,2012%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs>. Acesso em jan. 2023.

YAZDANI, M., PAMUCAR, D., ERDMANN, A., TORO-DUPOUY, L. Resilient sustainable investment in digital education technology: A stakeholder-centric decision support model under uncert. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 188, nº 122282, ISSN 0040-1625, 2023 <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122282>.

OMONA, W., VAN DER WEIDE, T., & LUBEGA, J. Using ICT to enhance knowledge management in higher education: A conceptual framework and research agenda. **International Journal of Education and Development using ICT**, 6(4), 83-101, 2010.

PICCAROZZI, M., SILVESTRI, C., AQUILANI, B., SILVESTRI, L. Is this a new story of the 'Two Giants'? A systematic literature review of the relationship between industry 4.0, sustainability and its pillars. **Technological Forecasting and Social Change**, Vol. 177, Nº 121511, 2022.

SIMÕES, A., FERREIRA, F., CASTRO, H., (...), SILVA, D., DALMARCO, G. Adoption of Digital Technologies During the COVID-19 Pandemic: Lessons Learned from Collaborative Academia-Industry R&D Case Studies”, **IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)**, 2022 available at: <https://pesquisa.bvsalud.org/global-literature-on-novel-coronavirus-2019-ncov/resource/en/covidwho-1735814>. Accessed 20 August 2022.

SILVA, DAL, PAVAN, ALR, DE OLIVEIRA, JA E, OMETTO, AR. Life cycle assessment of offset paper production in Brazil: hotspots and cleaner production alternatives. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 93, No. 5107, p. 222-233, 2015.

Universidade Federal do ABC. **Comissão Gestora da Elaboração do PLS Plano de Logística Sustentável: PLS 2016-2022** / Comissão Gestora da Elaboração do PLS da Universidade do ABC. São Bernardo do Campo, SP: Editora da Universidade Federal do ABC, 2016.

Universidade Federal de Santa Catarina UFSC. **Plano de Logística Sustentável.2021-2024.** Disponível em https://galeria.ufsc.br/d/204753-1/PLS+OFICIAL+2021+-+2024_compressed_001.pdf. Acesso em: jan. 2023.

Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Plano de Logística sustentável.** 2022. Disponível em <https://ufrj.br/wp-content/uploads/2022/01/pls-material-de-consumo.pdf>. Acesso em jan. 2023.

WOLF MA, PIZANIS A., FISCHER G., LANGER F., SCHERBER P., STUTZ J., ORTH M., POHLEMANN P., FRITZ T. “COVID-19: a catalyst for the digitization of surgical

teaching at a German University Hospital”. **BMC Medical Education**, Vol. 22, No. 308, 2022.

XIE, X., & WANG, J. The Influence and the Function of the Digitalization of Logistics on Carbon Emission in China. **Polish Journal of Environmental Studies**. vol. 32 (1), 889-899, 2023. <https://doi.org/10.15244/pjoes/154740>.

XU, J., SHE, S., & LIU, W. Role of digitalization in environment, social and governance, and sustainability: Review-based study for implications. **Frontiers in Psychology**, vol. 13, 2022.