
4 INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA 4.0: ANÁLISE COMPARATIVA EM DUAS UNIDADES DE UM FABRICANTE DE PNEUS

Hyla Bantim de Araújo Torres

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela UFRB, Engenheira de Segurança do Trabalho pelo Centro Universitário UniFTC e Pós-Graduada da Especialização Interdisciplinar em Ambiente, Tecnologia e Sustentabilidade.

E-mail: hyla.bantim@outlook.com

Bruno Souza Fernandes

Engenheiro de Produção e mestre em Ciência dos Materiais pela UESC, doutor em Engenharia Industrial pela UFBA. Professor Adjunto do CETENS/UFRB, atuando nos cursos de Engenharia de Produção e na Especialização em Ambiente, Tecnologia e Sustentabilidade.

E-mail: bruno.fernandes@ufrb.edu.br

RESUMO

Com processos mais inteligentes nas indústrias atuais, diversas mudanças ocorrem na medida em que os produtos são produzidos, causando assim impactos em diversos setores do mercado. A tecnologia é a chave disto, principalmente através da digitalização de processos. As grandes empresas irão se beneficiar das facilidades tecnológicas da quarta revolução industrial, também chamada de Indústria 4.0, mas, é preciso pensar sobre como a Indústria 4.0 pode ser direcionada para geração de uma sociedade mais desenvolvida e sustentável. O presente artigo tem como objetivo geral comparar os indicadores de desempenho ambiental, relacionados ao Sistema de Gestão Ambiental baseado na ISO 14001 entre duas unidades de um mesmo fabricante de pneus, localizadas em países diferentes e com perfil distinto no que se refere à Indústria 4.0. Essa análise comparativa se deu através de auditorias do sistema de gestão, que consistem em analisar tecnicamente a organização e seus processos segundo vários aspectos e requisitos. Diante dos resultados obtidos para os indicadores de consumo energético, consumo de água e índice de recuperação de resíduos, foi possível observar que existe uma grande diferença entre as duas unidades, apesar de se tratar de um mesmo fabricante. Uma das unidades possui resultados ainda fragilizados, e isso pode ser facilmente associado ao fato de não estar passando pelo processo de transformação em Indústria 4.0. Podendo concluir, portanto, que a chamada quarta revolução industrial pode influenciar diretamente na valorização da cultura de sustentabilidade e gestão ambiental, uma vez que processos mais tecnológicos tendem a ser mais sustentáveis, mais limpos, e até mesmo mais inteligentes.

Palavras-chave: Indicadores ambientais. Sistema de Gestão Ambiental. Indústria 4.0.

ABSTRACT

With smarter processes in today's industries, several changes occur as products are produced, thus causing impacts in various market sectors. Technology is the key to this, mainly through the digitization of processes. Large companies will benefit from the technological facilities of the fourth industrial revolution, also called 4.0 industry, but it is necessary to think about how the 4.0 Industry can be directed towards the generation of a more developed and sustainable society. This article has the general objective of comparing the environmental performance indicators related to the Environmental Management System based on ISO 14001 between two units of the same tire manufacturer, located in different countries and with a different profile regarding the 4.0 Industry. This comparative analysis took place through audits of the management system, which consist of technically analyzing the organization and its processes according to various aspects and requirements. In view of the results obtained for the indicators of energy consumption, water consumption and waste recovery index, it was possible to observe that there is a great difference between the two units, despite being from the same manufacturer. One of the units still has fragile results, and this can easily be associated with the fact that it is not undergoing the transformation process into Industry 4.0. Therefore, it can be concluded that the so-called fourth industrial revolution can directly influence the appreciation of the culture of sustainability and environmental management, since more technological processes tend to be more sustainable, cleaner, and even more intelligent.

Keywords: Environmental indicators. Environmental management system. Industry 4.0.

4.1 INTRODUÇÃO

Com processos mais inteligentes nas indústrias atuais, diversas mudanças ocorrem na medida em que os produtos são produzidos, causando assim impactos em diversos setores do mercado. A tecnologia é a chave disto, principalmente através da digitalização de processos. Segundo Costa (2017), tecnologias cada vez mais evoluídas e ágeis, fazem com que a indústria esteja em transformação a uma velocidade nunca antes vista.

Magalhães e Vendramini (2018) afirmam que a organização econômica, política e social das sociedades ao redor do globo vem sofrendo alterações por significativos avanços tecnológicos, desde a primeira Revolução Industrial, a pouco mais de 200 anos. E, associado à tais avanços e ao rápido desenvolvimento tecnológico, o aumento da população mundial também tem influenciado na redução do ciclo de vida de muitos produtos e, contribuído para o aumento do descarte de resíduos remanescentes de processos, podendo afetar o tripé da sustentabilidade. Segundo Avelar *et al.* (2019), o tripé da sustentabilidade compreende a viabilidade dos negócios das empresas conforme a dinâmica entre aspectos econômico, social e ambiental.

Desta forma, devido à necessidade de maior responsabilidade social e ambiental por parte das empresas, a gestão ambiental vem se tornando parte integrante em organizações dos mais diversos segmentos. As últimas décadas apresentaram o desenvolvimento de inúmeras ferramentas de gestão ambiental, e segundo Ricardo (2019), as questões ambientais parecem estar evoluindo nas empresas.

As grandes empresas irão se beneficiar das facilidades tecnológicas da quarta revolução industrial, também chamada de Indústria 4.0. As empresas serão muito mais inteligentes, flexíveis, dinâmicas e ágeis, vindo a desenvolver produtos e serviços inteligentes, com máquinas inteligentes, para consumidores cada vez mais exigentes (HUBA *et al.*, 2016).

Assim, o modelo Industrial 4.0 pode trazer grandes vantagens para as organizações, além de poder e dever perseguir a via da sustentabilidade na política e na prática de gestão. Avelar *et al.* (2019) afirmam ainda que a sustentabilidade visa garantir que as ações e decisões realizadas no presente não limitem ou inviabilizem a existência saudável de uma empresa no futuro, bem como no futuro das sociedades afetadas por suas atividades, de forma social e ambientalmente responsável.

Por esta razão, o êxito das organizações não deve apenas ser medido pela sua performance econômica, mas também considerar os benefícios ao meio ambiente e à sociedade como parte das medidas de desempenho. Tais benefícios, como redução de custos, economia

de energia, aumento da segurança ocupacional, redução de erros e redução do desperdício podem ser considerados em indústrias que adotam o modelo de gestão ambiental e sustentabilidade.

Estas organizações, que buscam ter um desempenho ambiental consistente, proporcionam resultados positivos para suas partes interessadas, desempenho este que deve ser continuamente melhorado através de uma gestão ambiental consolidada.

Vale ressaltar ainda, que ao mesmo tempo que tem proporcionado um ciclo profundo de benefícios, com perspectivas cada vez mais impactantes nas próximas décadas, a quarta revolução industrial tem gerado grandes desafios em igual medida, os quais geram dúvidas sobre a capacidade inclusiva e sustentável deste processo (AVELAR *et al.*, 2019).

No Brasil, a indústria de pneus possui uma grande representatividade na geração de empregos e renda. Apesar das principais multinacionais do ramo possuírem tecnologias para processos altamente automatizados, em muitos casos, segundo Goldenstein *et al.* (2007), o processo de fabricação ainda é bastante manual, sendo necessário um elevado número de operadores, cenário que permanece mesmo nos dias atuais com os avanços tecnológicos conhecidos. Segundo dados da Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP, 2021), cerca de 30 mil empregos diretos e 100 mil empregos indiretos foram gerados por estas indústrias.

Atualmente as indústrias buscam constantemente por melhorias no processo de produção que resultem também em melhor qualidade do produto, bem como na redução dos custos de produção. Segundo Paim *et al.* (2009), melhorar processos é uma ação básica para as organizações responderem às mudanças que ocorrem constantemente em seu ambiente de atuação e para manter o sistema produtivo competitivo.

A proposta de tema é incentivada por uma necessidade vigente nos dias atuais, de se reduzir os impactos ambientais gerados pelos diversos processos produtivos, visando o estreitamento da relação entre gestão ambiental e sustentabilidade. Do ponto de vista da fabricação de pneus, o trabalho possui grande relevância acadêmica e profissional, ao ser tratada como uma indústria em processo de transformação digital durante a chamada quarta revolução industrial.

Outro ponto crucial quando se aborda a indústria 4.0 é o avanço na tomada de decisões sem interferência humana. Segundo Tartarotti *et al.* (2018), o fato de não ser necessária tal interferência em processos, possibilita um mundo de possibilidades nunca imaginadas anteriormente, tornando a pesquisa ainda mais atrativa.

As novas tecnologias e seus impactos marcam o surgimento de novos modelos de

negócios, reformulam sistemas de produção, consumo, transporte e lazer. Logo, é preciso pensar sobre como a Indústria 4.0 pode ser direcionada para geração de uma sociedade mais desenvolvida e sustentável.

O presente artigo tem como objetivo geral comparar os indicadores de desempenho ambiental, relacionados ao Sistema de Gestão Ambiental baseado na ISO 14001, entre duas unidades de um mesmo fabricante de pneus, localizadas em países diferentes e com perfil distinto no que se refere à Indústria 4.0. Além disso, visa avaliar como a Indústria 4.0 se apresenta como uma nova revolução industrial, voltada à valorização da cultura de sustentabilidade e gestão ambiental e como este perfil pode influenciar diretamente nos resultados ambientais de uma empresa.

4.2 REFERENCIAL TEÓRICO

O órgão ISO, em inglês *International Organization for Standardization*, que significa Organização Internacional de Normalização, é um órgão internacional fundado em 1946 com o intuito de promover a criação e implementação de padrões para facilitar o intercâmbio internacional de bens e serviços (COLARES, 2015).

Ao tratar sobre gestão ambiental, é necessário discutir acerca das normas da série ISO 14000, que se referem a normas de padrões ambientais em geral. Dentre elas, segundo Feldman (2012), a ISO 14001 é utilizada como diretriz para implantação de uma gestão ambiental em uma empresa, sendo considerada a diretriz principal da família ISO 14000, e sua adoção pode implicar em certificação, no caso de ser aprovada em auditoria de conformidade com a norma ISO 14001, podendo ser aplicável a qualquer tipo de organização ou setor industrial.

Segundo Rodrigues *et al.* (2008), empresas e indústrias em geral, possuem diversos problemas de ordem ambiental, que podem ir desde o atendimento à requisitos de legislação ambiental, até a identificação de fontes poluidoras, destino de resíduo e despejos perigosos. Porém, ainda segundo Rodrigues *et al.* (2008), em alguns casos, as empresas mal conseguem perceber suas deficiências em termos de meio ambiente, tendo como principais aspectos a forma tradicional de produção, tratamento de efeitos poluidores no fim do processo industrial, falta de percepção ou conscientização ecológica, e, também a priorização de redução de custos e aumento de produção em detrimento do meio ambiente.

Segundo Ricardo (2019), investir em ferramentas de apoio a decisão, e principalmente em metodologias de gestão internacionalmente reconhecidas como as normas ISO, auxiliam as empresas a conquistar novos mercados, obtendo assim um melhor e mais sustentável

desempenho no transcorrer dos anos, principalmente quando se trata de metodologias de gestão ambiental.

Um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) pode ser descrito como um sistema de gestão pelo qual as organizações atuam de maneira estruturada sobre suas operações para assegurar a proteção do meio ambiente. Muitas organizações buscam maneiras de entender, demonstrar e melhorar o seu desempenho ambiental, e isto pode ser obtido por meio da gestão eficaz dos elementos de suas atividades, produtos e serviços que possam impactar significativamente o meio ambiente.

Segundo a Norma NBR ISO 14.031:2015, a avaliação do desempenho ambiental e auditorias ambientais são ferramentas complementares que podem ser usadas para avaliar o desempenho ambiental e identificar oportunidades de melhoria. Um programa de auditoria ambiental precisa ser estabelecido para assegurar que todos os processos sejam auditados na frequência e periodicidade necessária.

De acordo com Cardoso (2015), a palavra auditar significa audição, ou seja, ouvir o que se passa. Entretanto, pode-se dizer que auditoria é muito mais do que ouvir e sim, analisar tecnicamente a organização e seus processos segundo vários aspectos e requisitos, dentre eles: qualidade do produto final, atendimento das necessidades e expectativas das partes interessadas, indicadores de eficiência energética, impactos que a atividade produtiva provoca no meio ambiente e outros aspectos sujeitos a certificação.

As metodologias utilizadas em auditorias definem os impactos de tais atividades ao meio ambiente, propondo ações com o objetivo de controlar e reduzir continuamente estes impactos (OLIVEIRA; SERRA, 2010).

As problemáticas ambientais no segmento industrial, podem ser vistas como uma oportunidade de aumento de competitividade a partir do seu correto gerenciamento, aliado aos avanços tecnológicos que são considerados extremamente importantes para a evolução da Indústria em todos os aspectos, fator ocasionado pela busca de trabalhos mais dinâmicos, eficientes, qualificados e sustentáveis.

Sakurai (2018) diz que as revoluções industriais, somadas aos grandes avanços tecnológicos culminaram no surgimento da Indústria 4.0. A Indústria 4.0 ou a Quarta Revolução Industrial tem seu termo usado pela primeira vez em meados de 2011, oriunda de um projeto de estratégias do governo alemão votado para a tecnologia. A Indústria 4.0 surge como uma estratégia de longo prazo do governo alemão, que foi adotada como parte do *High-Tech Strategy 2020 Action Plan*, em 2011, para assegurar a competitividade da sua indústria (SANTOS *et al.*, 2018).

Por ser considerado um tema novo e pouco conhecido, e ainda, por ter surgido na Europa, a difusão do conceito de Indústria 4.0 no Brasil e na América Latina ainda é limitada. Apesar disso, pode-se dizer que a adoção do modelo 4.0 é uma estratégia a ser adotada por grandes indústrias como forma de vencer a competitividade nacional. (SAKURAI, 2018).

Mas o que seria a Indústria 4.0? Segundo Borlido (2017), a Indústria 4.0 baseia-se em uma nova fase de desenvolvimento na organização e gestão, tendo surgido a partir de situações que impulsionaram a transição da terceira para a quarta Revolução Industrial.

Ainda segundo Borlido (2017), a Indústria 4.0 vem surgindo através da digitalização de processos, com a transferência de dados digitais para algo materialmente utilizável, geração de volume de dados a partir da computação e conectividade, a inserção de novas formas de interações entre homens/máquina e ainda, a melhoria nas habilidades analíticas.

Existem muitos benefícios que promovem os avanços tecnológicos nas organizações, além das características que envolvem a quarta Revolução Industrial, tais quais Spricigo (2018), Maracajá e Oliveira (2020) abordam, podendo destacar três benefícios altamente importantes para uma Gestão Ambiental eficiente vinculada à Indústria 4.0:

- Redução de Impacto ambiental: novas tecnologias ajudarão a diminuir os impactos negativos para o meio ambiente, potencializando o uso de recursos naturais e renováveis.
- Preservação de recursos energéticos: será possível reduzir o consumo energético com a melhoria na eficiência e nas tecnologias dos processos produtivos, mantendo uma alta produtividade e auxiliando, também, na redução de custos.
- Redução de desperdícios: com a redução de erros e com o aumento da segurança operacional, as indústrias serão capazes de reduzir os elevados níveis de desperdício, causando efeitos positivos na economia dos gastos e em consequência, no aumento da produtividade.

Através destes benefícios, é possível dizer que a consciência ecológica e sustentável pode abrir caminhos para o desenvolvimento de novas oportunidades de negócio e, facilitar a inclusão destas indústrias no mercado internacional em geral, inclusive indústrias do segmento de fabricação de pneus.

Para a fabricação de pneus, Rodrigues (2014) afirma que a melhoria no processo de produção deve ser uma busca contínua, podendo ser realizada por meio de alterações nas especificações do produto ou também por meio de adaptações e modificações no processo produtivo, utilizando conceitos da Indústria 4.0, que, segundo Amorim (2017), tais conceitos propõem profundas mudanças no modelo de produção industrial e nos modelos de negócios.

Segundo Rodrigues (2014), um pneu consiste na montagem de uma série de componentes com funções específicas para atender as necessidades de cada veículo em particular, definindo a capacidade de carga de cada veículo e o seu amortecimento.

Ao se tratar de indústria de pneus, o Art. 1 da Resolução CONAMA nº 416/2009, diz que os fabricantes e os importadores de pneus novos que tenham peso unitário superior a dois quilos, ficam obrigados a coletar e dar destinação aos pneus inservíveis existentes no território nacional, e esta quantidade destinada é anualmente controlada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o qual apresenta todos os anos um relatório onde visa atender ao disposto no Art. 16 da Resolução CONAMA nº 416/2009.

4.3 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida foi do tipo exploratória, objetivando uma melhor compreensão sobre a inserção da temática da sustentabilidade e a gestão ambiental em uma fabricante de pneus, ao associar duas unidades de um mesmo fabricante, porém com perfis distintos no que se refere à Indústria 4.0.

Para Gil (2002), as pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, com vistas na formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. A abordagem escolhida é o estudo de campo, pois a pesquisa é desenvolvida por meio da observação de dados históricos a partir da aplicação de indicadores de desempenho, em duas unidades de um mesmo fabricante de pneus, com e sem o perfil de indústria 4.0.

A coleta de dados foi do tipo qualitativa e quantitativa, pois esta, caracteriza-se por um maior foco na compreensão dos fatos do que propriamente na sua mensuração, através da avaliação de dados de indicadores ambientais de duas unidades localizadas no Brasil e na Argentina, de um mesmo fabricante, obtidos através de auditorias do Sistema de Gestão Ambiental baseado na ISO 14001.

Segundo Monteiro *et al.* (2018), os estudos de campo podem ser considerados como uma das estratégias da pesquisa qualitativa, o qual possibilita ao pesquisador compreender um fenômeno a partir de seu contexto real. Segundo Vianna (2001), na pesquisa qualitativa, a análise de cada situação, se dá a partir de dados descritivos e aspectos considerados necessários à compreensão da realidade estudada.

Na metodologia do presente artigo, foram coletadas as informações referentes a uma Auditoria Interna do Sistema de Gestão Ambiental baseado na ISO 14001, em uma unidade

localizada no Brasil, fabricante de pneus. Em seguida, foram coletadas as informações da mesma auditoria, utilizando os mesmos indicadores e processos avaliativos auditáveis, em uma unidade localizada na Argentina.

Ambas as unidades pertencem ao mesmo grupo de fabricante do segmento pneumático, porém possuem perfil industrial considerados distintos, visto que a unidade brasileira vem passando por processos de transformação digital no padrão de Indústria 4.0, enquanto que a unidade argentina segue um modelo de produção considerado tradicional.

A execução de uma Auditoria Interna do Sistema de Gestão Ambiental de uma unidade fabril se dá através dos itens a seguir:

- Elaboração de plano de auditoria;
- Verificação do escopo do Sistema de Gestão Ambiental;
- Verificação do atendimento à Política Ambiental;
- Análise dos indicadores ambientais de desempenho;
- Verificações de requisitos legais e outros requisitos;
- Levantamento de itens conformes e não conformes;
- Elaboração do relatório final.

Após a execução das auditorias de SGA, tem-se a recomendação para a auditoria externa de certificação na ISO 14001, através da elaboração do relatório final.

Para fins de comparação entre as duas unidades avaliadas, tem-se como principal etapa metodológica a verificação de indicadores ambientais de desempenho, os quais trazem um retrato dos resultados ambientais das unidades, a fim de analisar se os perfis distintos, no que se refere à Indústria 4.0, possuem relevância para os resultados ambientais ou não.

Os principais indicadores de desempenho ambiental avaliados foram:

- Consumo de Água (m³/tonelada de pneu produzido)
- Consumo Energético (GJ/tonelada de pneu produzido)
- Índice de Recuperação de Resíduos (%)

Após a execução das auditorias e levantamento de informações acerca do perfil de ambas as unidades no que se refere à Indústria 4.0, os indicadores de desempenho ambientais foram enfim comparados entre as unidades, levando em consideração o cenário dos últimos 3 anos.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o processo de auditoria do Sistema de Gestão Ambiental, na fabricante de pneus objeto de estudo, além dos requisitos da ISO 14001 em geral, foram avaliados os indicadores ambientais de desempenho para as unidades do Brasil e da Argentina, com e sem perfil de Indústria 4.0, respectivamente.

Os indicadores de desempenho ambiental avaliados possuem alta relevância no que diz respeito ao Sistema de Gestão Ambiental, ao relacionar os consumos de água e consumo energético ao volume de produção de cada uma das unidades, sendo possível realizar uma comparação equilibrada e fiel à realidade da capacidade de produção de cada unidade.

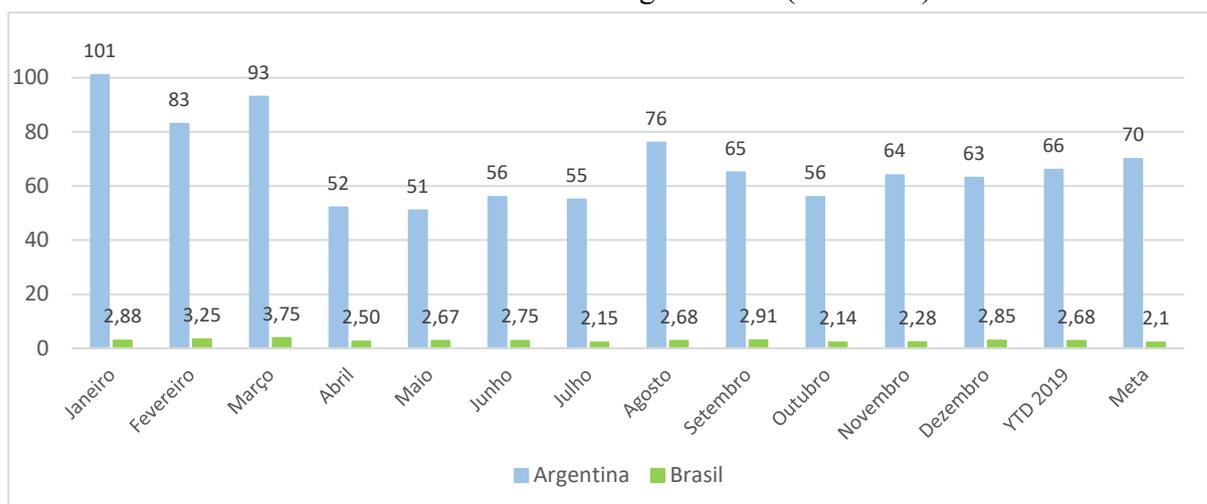
Ao avaliar o índice de recuperação de resíduos de cada uma das unidades, não foram levados em consideração legislações locais a respeito da destinação ambientalmente adequada de resíduos, e sim, o percentual de resíduos que de alguma forma puderam ser recuperados (reciclados e/ou reaproveitados) após o processo produtivo.

Apesar de ambos os países possuírem legislações próprias para gestão de resíduos, como por exemplo a Lei 12.305/2010 que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos e a Resolução CONAMA 416/2009 no Brasil, e a Lei Nº 25.612/2002 que trata da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Industriais na Argentina, estas não foram consideradas nesta análise comparativa dos indicadores ambientais.

Foram avaliados os últimos 03 anos (2019-2021), de modo a obter um retrato fiel dos resultados ambientais das unidades, comparando os resultados de consumo energético (GJ/ton PA), captação de água (m³/ton PA) e recuperação de resíduos (%). Os gráficos apresentam os resultados mensais, o resultado acumulado do ano (YTD por ano) e a meta proposta para o ano, onde a meta para o consumo de água e energia é o valor máximo desejável de consumo por ano, já a meta para a recuperação de resíduos é o valor mínimo desejável a ser atingido.

4.1.1 Resultados 2019

O Gráfico 1 mostra o consumo de água nas duas unidades industriais no ano de 2019.

Gráfico 1 - Consumo de Água - 2019 (m³/tonPA)

Fonte: Elaboração própria (2022).

Foi possível observar que o índice de consumo de água da Argentina foi muito maior do que o consumo de água no Brasil, reforçando que se trata da quantidade de água necessária para produzir uma tonelada de produto acabado.

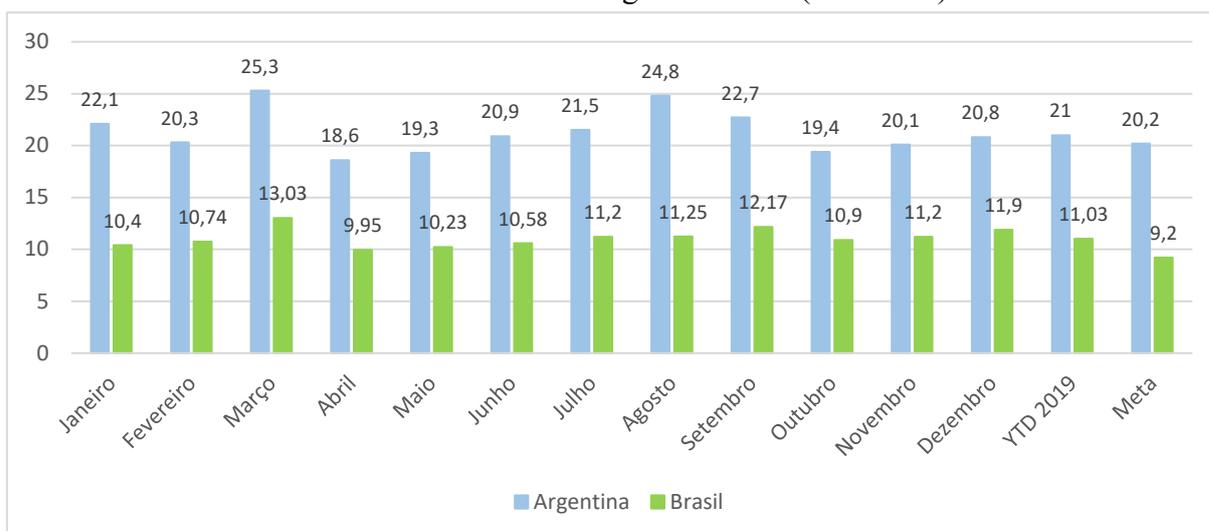
Na Argentina, pode-se perceber que houve uma redução com o passar dos meses, principalmente entre abril e julho, enquanto no Brasil, este número permaneceu numa faixa de valores próximos durante o ano, com reduções pontuais nos meses de julho e outubro.

Mesmo com alguns meses abaixo do estabelecido de acordo à realidade de cada unidade, o resultado acumulado do ano (YTD 2019) se apresentou acima da meta estabelecida para o ano no Brasil, enquanto que na Argentina foi possível obter um resultado final dentro do estabelecido por meta, sendo o consumo de água de 66 m³/ton PA, enquanto a meta de consumo máximo era de 70 m³/ton PA.

No Gráfico 2 é possível observar o consumo energético das duas unidades no ano de 2019.

Com os resultados do Gráfico 2, pode-se avaliar que o consumo energético necessário para produzir uma tonelada de pneu na Argentina é aproximadamente o dobro que o necessário para produzir a mesma quantidade no Brasil. Além disso, pode-se perceber que ambas as unidades estiveram acima da meta máxima estabelecida durante o ano de 2019, com pouquíssimos meses abaixo do estipulado.

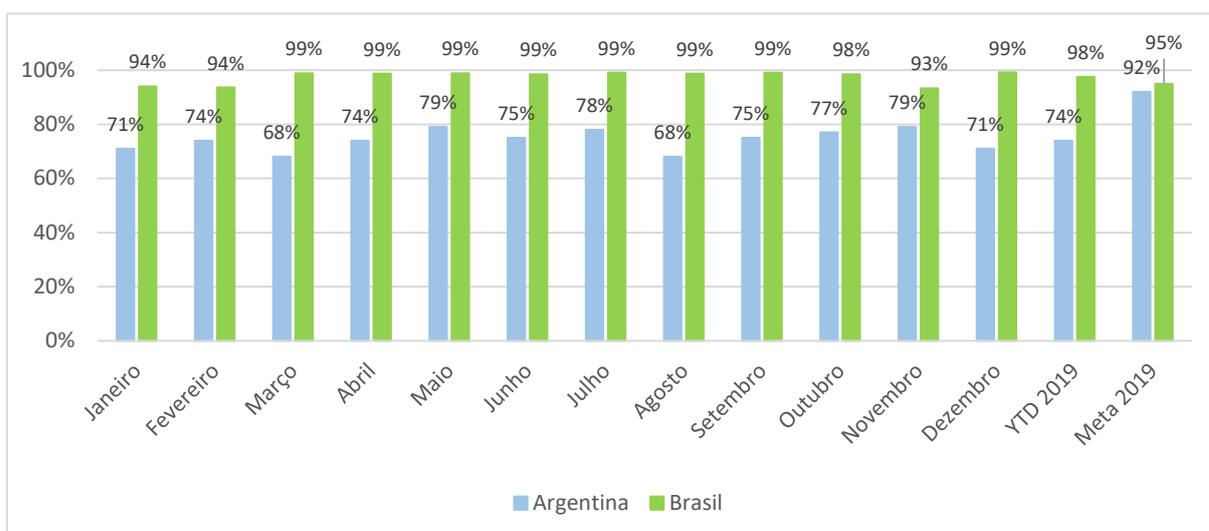
Gráfico 2 - Consumo Energético - 2019 (GJ/tonPA)



Fonte: Elaboração própria (2022).

No Gráfico 3 é possível observar o índice de recuperação de resíduos em 2019.

Gráfico 3 - Índice de Recuperação de Resíduos (%) – 2019



Fonte: Elaboração própria (2022).

O percentual de resíduos recuperados no Brasil em janeiro e fevereiro estava abaixo da meta estabelecida, mas a partir do mês de março este número se estabilizou e se manteve constante com apenas uma redução no decorrer do ano, em novembro.

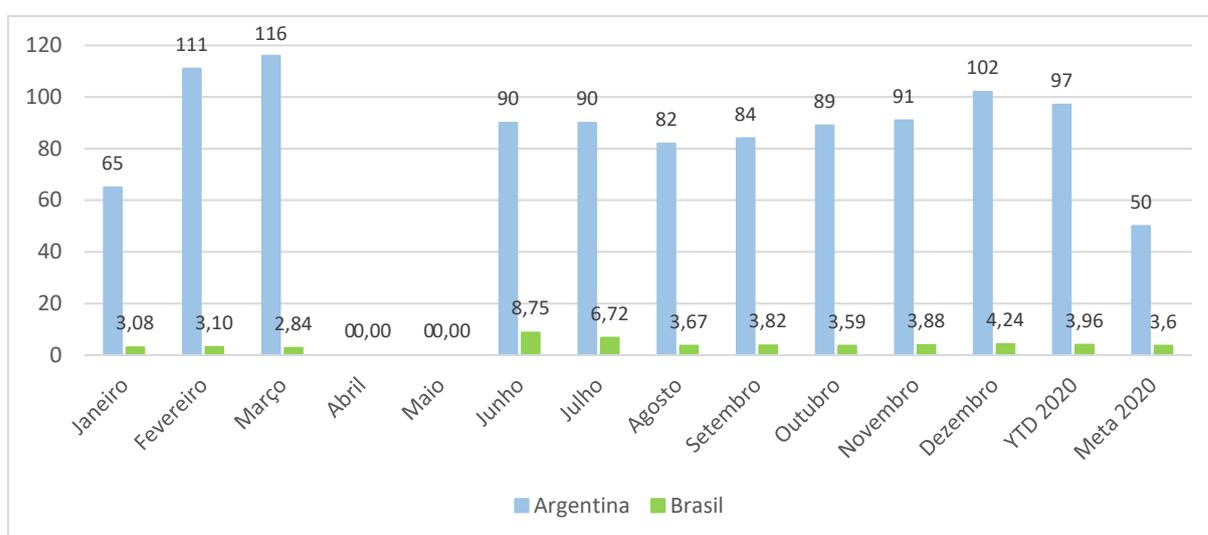
Na Argentina, o índice sofreu várias oscilações mensais, e em nenhum mês se apresentou igual ou superior à meta proposta de 92 %. Pode-se perceber que existe alguma dificuldade na Argentina em recuperar os resíduos gerados, sendo possivelmente enviados à aterro sanitário como última opção para destinação.

4.1.2 Resultados 2020

Em todos os indicadores do ano de 2020 não foi possível obter resultados nos meses de abril e maio, devido ao período pandêmico, onde as duas unidades estavam com as atividades paralisadas, sendo retomadas de forma gradativa a partir do mês de junho, porém, atingindo o volume de produção normal somente no mês de agosto.

O Gráfico 4 mostra o consumo de água nas duas unidades durante o ano de 2020.

Gráfico 4 - Consumo de Água - 2020 (m³/tonPA)



Fonte: Elaboração própria (2022).

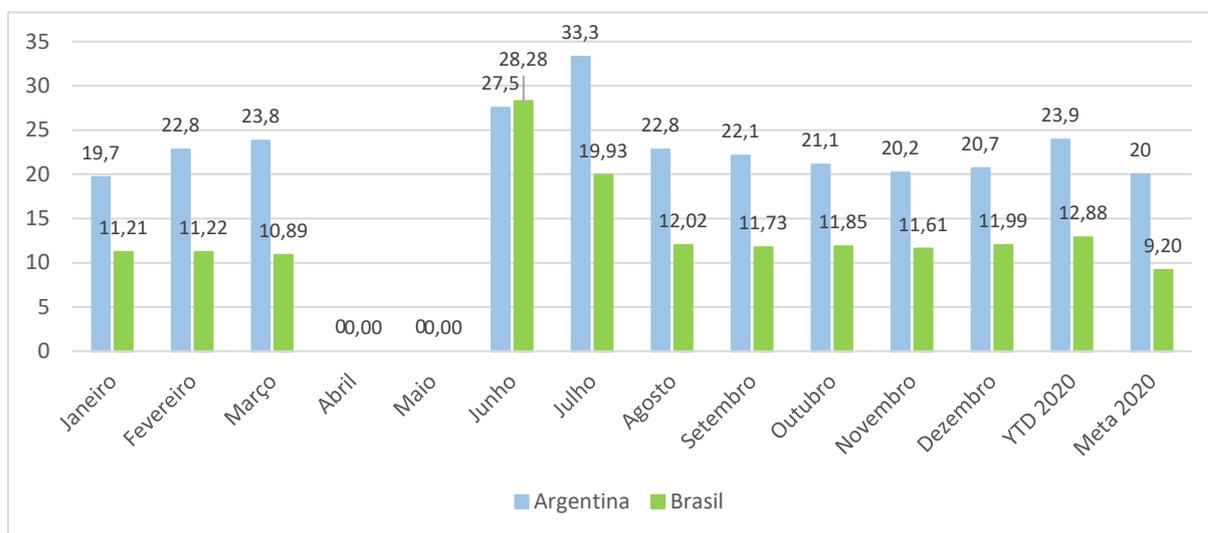
O consumo de água da Argentina durante o ano de 2020 continuou muito elevado quando comparado ao Brasil, cerca de 24 vezes maior. Mesmo com a pandemia, este consumo não foi reduzido. Entretanto, pode-se perceber que o consumo aumentou ainda mais a partir do mês de fevereiro, quando comparado à 2019 (66 m³/ton PA), permanecendo alto mesmo após a retomada das atividades em junho.

No Brasil, percebe-se um consumo elevado nos meses de junho e julho, e isso se justifica devido à retomada gradativa da produção após paralização das atividades por conta da pandemia do Covid-19, possivelmente impactado pela limpeza de áreas e máquinas antes do retorno da padronização dos processos produtivos, associado ao volume de produção que ainda não estava em sua total capacidade nestes meses.

Mesmo com esta elevação, o consumo voltou a normalizar após o mês de agosto, mas ainda assim não foi possível encerrar o ano dentro da meta estabelecida. Em 2020, ambas as unidades obtiveram resultados fora da meta estabelecida.

O Gráfico 5 mostra o consumo energético em 2020 nas duas unidades, também levando em consideração o período de parada devido à pandemia.

Gráfico 5 - Consumo Energético - 2020 (GJ/tonPA)



Fonte: Elaboração própria (2022).

O consumo energético nas duas unidades esteve acima da meta estabelecida para o ano de 2020, sendo possível observar picos de consumo nos meses de junho e julho, devido à retomada da produção, podendo ser justificado com a retomada progressiva, onde a produção ainda não estava em sua total capacidade, sendo o volume produzido inversamente proporcional ao consumo energético.

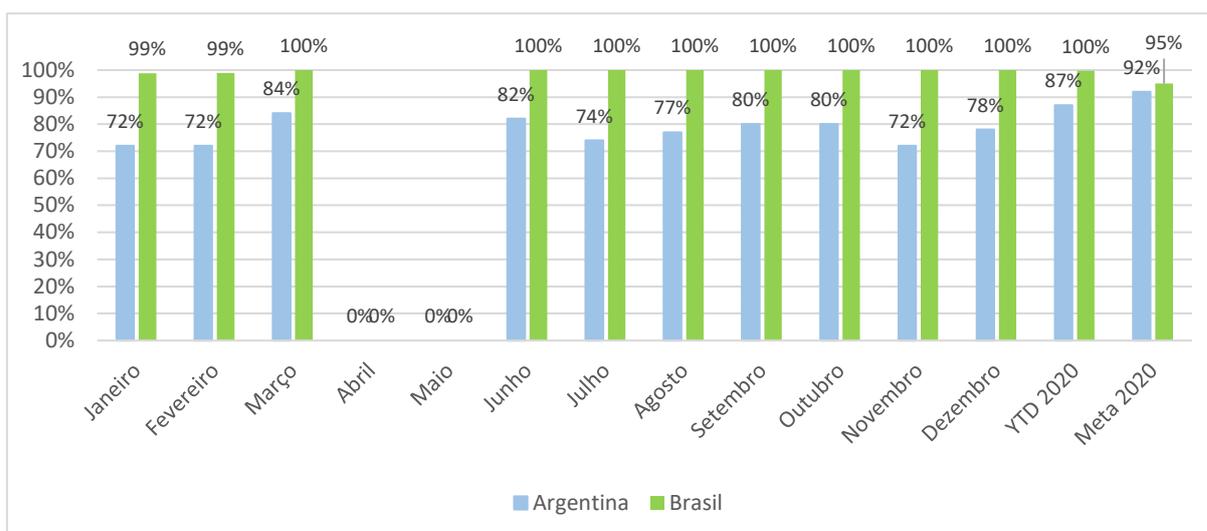
Apesar da elevação, os resultados em ambas as unidades foram normalizados a partir de agosto, com a regularização da produção, apesar de ainda estar acima da meta.

Um ponto importante que pode ser observado, é que no mês de junho em particular, o consumo de energia na fábrica brasileira foi superior ao consumo da fábrica argentina, podendo indicar que o retorno à normalidade do processo produtivo de uma fábrica mais moderna possivelmente necessita de um maior consumo energético que uma fábrica considerada tradicional.

Entretanto, nos meses onde a produção foi considerada normal, percebe-se que a unidade da Argentina utiliza cerca de duas vezes a quantidade de energia necessária para produzir uma tonelada de pneu acabado quando comparado ao Brasil.

O Gráfico 6 mostra o índice de recuperação de resíduos em 2020.

Gráfico 6 - Índice de Recuperação de Resíduos (%) - 2020



Fonte: Elaboração própria (2022).

O índice de recuperação de resíduos no Brasil continuou variando entre 99 e 100 % no ano de 2020. Nos meses de abril e maio não houve destinação de resíduos, uma vez que as atividades estavam paralisadas.

A unidade da Argentina vem evoluindo com a recuperação de resíduos, uma vez que o ano de 2020 apresentou resultados mensais superiores ao ano de 2019, com algumas oscilações no decorrer do ano.

Importante ressaltar que os resultados para a recuperação de resíduos não foram afetados pela paralisação das atividades nos meses de abril e maio, uma vez que não houve geração de resíduos neste período.

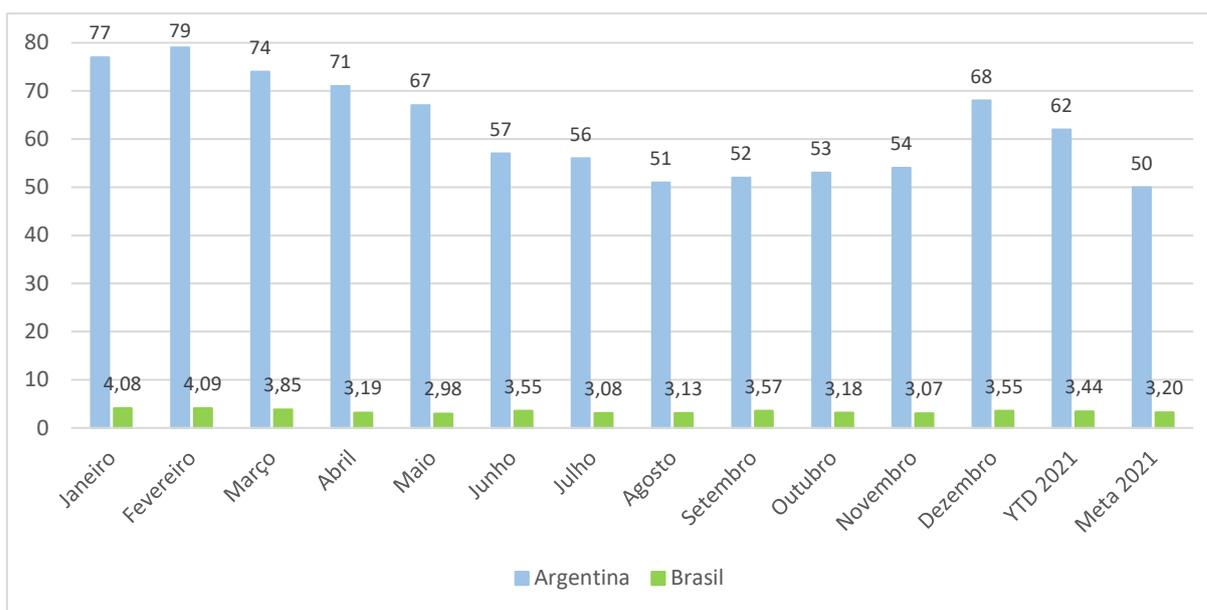
Além disso, pode-se observar que a unidade brasileira mais uma vez conseguiu ficar acima da meta de recuperação de resíduos, enquanto a unidade Argentina não conseguiu atingir o percentual de recuperação proposto.

4.1.3 Resultados 2021

Em 2021, com o cenário produtivo praticamente normalizado, pode-se perceber poucas variações nos indicadores de desempenho ambiental durante o ano.

No Gráfico 7 é possível verificar o consumo de água das duas fábricas em 2021.

Gráfico 7 - Consumo de Água - 2021 (m³/tonPA)



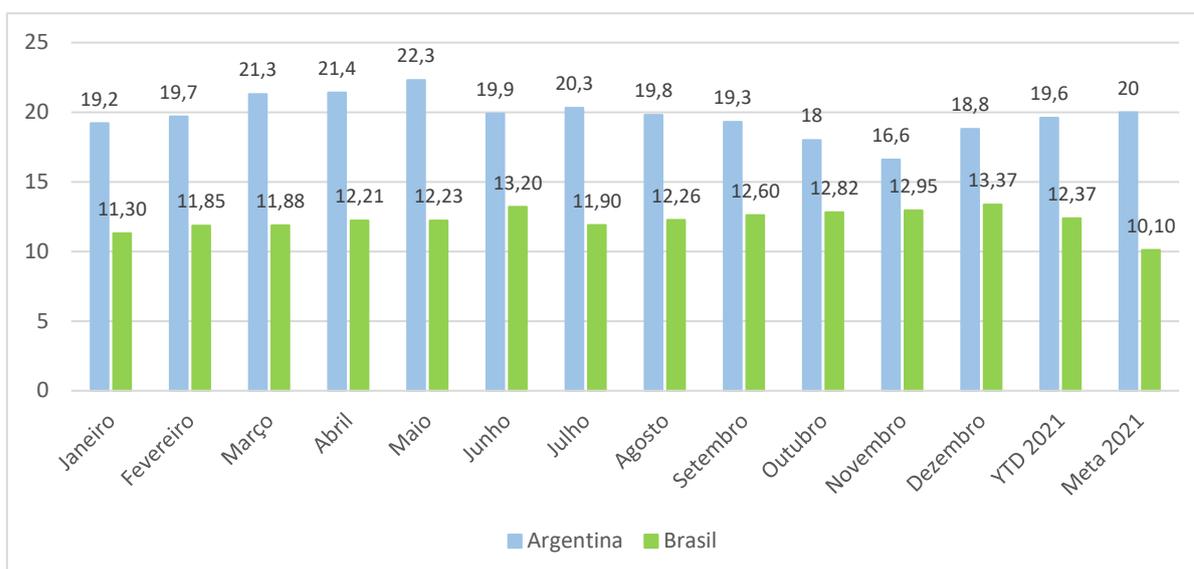
Fonte: Elaboração própria (2022).

O consumo de água na Argentina sofreu reduções a partir do mês de março, com um aumento significativo somente em dezembro. Na unidade do Brasil, o consumo manteve-se regular durante o ano, com algumas reduções nos meses de maio e novembro.

Entretanto, apesar dos resultados serem considerados satisfatórios, mostrando uma redução no consumo, ambas as unidades fecharam o ano de 2021 acima da meta máxima estabelecida.

É possível verificar o consumo energético no ano de 2021 no Gráfico 8.

Gráfico 8 - Consumo Energético - 2021 (GJ/tonPA)



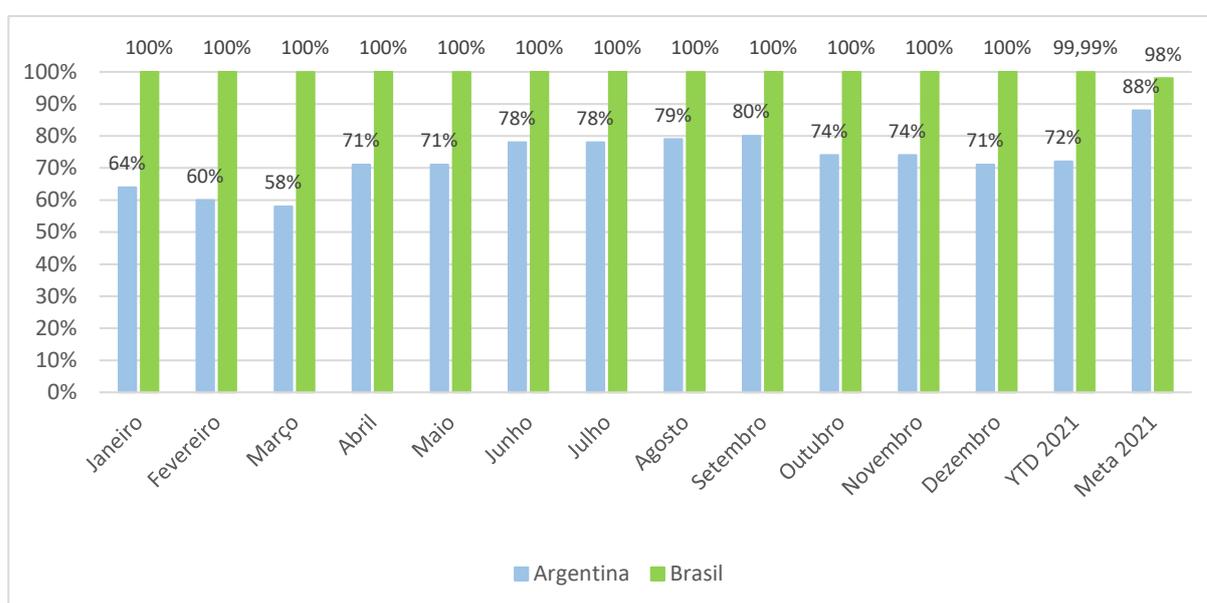
Fonte: Elaboração própria (2022).

O consumo energético em 2021 manteve-se constante durante todo o ano em ambas as unidades, sem oscilações significativas.

Apesar dos resultados próximos, pode-se observar que a unidade brasileira teve um consumo de energia superior à meta, enquanto a unidade da Argentina ficou ligeiramente abaixo da meta máxima de consumo, sendo considerado um resultado bom.

No Gráfico 9 pode-se observar o índice de recuperação de resíduos das duas unidades fabris em 2021.

Gráfico 9 - Índice de Recuperação de Resíduos (%) - 2021



Fonte: Elaboração própria (2022).

O índice de recuperação de resíduos em 2021 no Brasil manteve-se constante, e pode-se perceber que a recuperação atingiu 100 % na maioria do ano, com um acumulado de 99,99 % de resíduos recuperados.

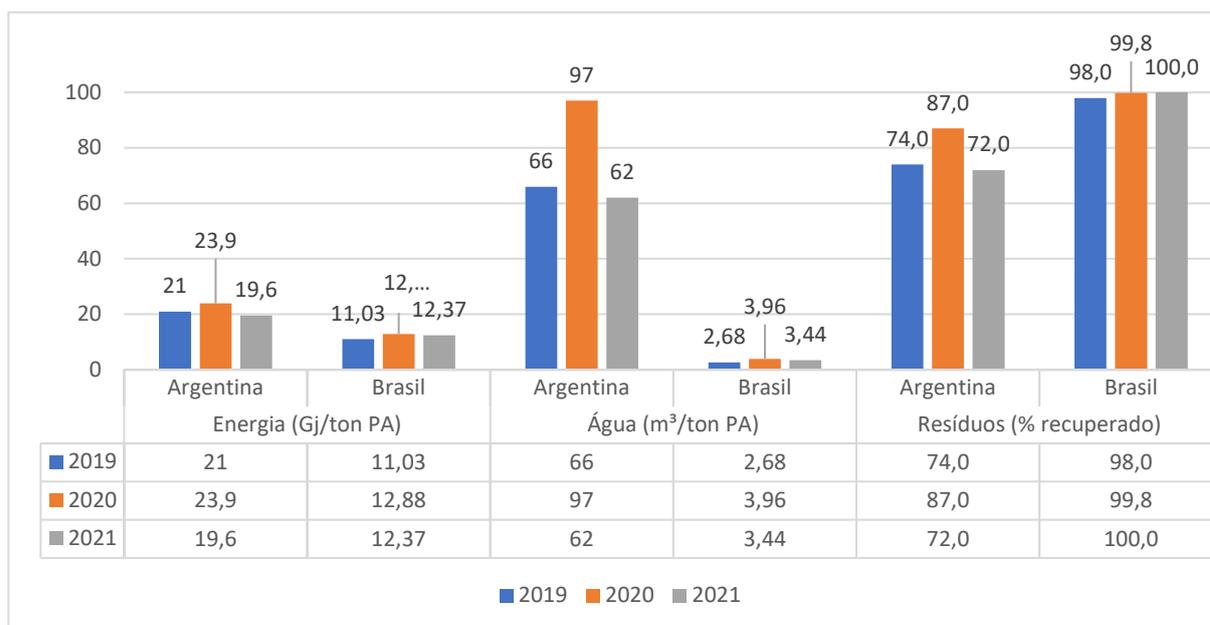
Já na Argentina, o índice teve algumas oscilações durante o ano, e pode-se observar que o mês de maio apresentou o pior resultado em todo o ano, onde somente 58 % dos resíduos gerados foram recuperados. De modo geral, mais uma vez a Argentina não conseguiu atingir a meta de recuperação de resíduos.

4.1.4 Comparativo Brasil x Argentina

No Gráfico 10 é possível observar um comparativo dos resultados dos indicadores ambientais das duas unidades, nos três anos avaliados.

Com base nos resultados do Gráfico 10, é possível perceber que para o Consumo Energético (GJ/ton PA) as duas unidades tiveram o resultado elevado em 2020, possivelmente em decorrência da parada de fábrica por dois meses (abril e maio) devido à pandemia. Entretanto, os números dos 03 anos podem ser considerados regulares, com poucas variações.

Gráfico 10 - Comparativo dos Indicadores Ambientais



Fonte: Elaboração própria (2022).

Ao comparar o resultado da Argentina com o Brasil, pode-se perceber ainda que a Argentina utiliza quase o dobro da energia utilizada no Brasil para produção de uma tonelada de pneu, isso pode ser justificado uma vez que as máquinas na Argentina são mais antigas, sendo mais térmicas, podendo dissipar mais calor e consumir mais energia. Enquanto que as máquinas brasileiras são mais modernas e tecnológicas, possuindo maior número de componentes eletrônicos e materiais mais avançados, proporcionando uma economia no consumo energético.

Os resultados obtidos para consumo de Água (m³/ton PA) são muito diferentes quando comparadas as duas unidades. Pode-se observar que os resultados foram mais elevados em 2020, possivelmente devido à pandemia, uma vez que foi necessário um maior consumo de água para limpeza e higienização de áreas e máquinas.

A Argentina utiliza cerca de 20 vezes mais água para produção da mesma quantidade de pneu, podendo ser justificado pela existência de maquinários mais antigos, e um processo produtivo considerado tradicional, uma vez que a unidade da Argentina não está passando por

processos de transformações tecnológicas, o que poderia auxiliar na redução do consumo de água.

Segundo Schules (2018), a Indústria 4.0 tem forte potencial para aumentar a produtividade, ao associar as suas características e tecnologias ao processo de produção, uma vez que pode diminuir custos com manutenção e reduzir o consumo de energia, além de outros benefícios. As máquinas modernas requerem um menor consumo de água no processo produtivo, devido aos componentes eletrônicos e automáticos. Já as unidades com perfil 4.0 tendem a visar uma maior sustentabilidade em seus processos, através do reuso da água nos processos de resfriamento das máquinas, por exemplo.

Os índices de recuperação de resíduos das duas unidades apresentaram resultados diferentes entre si, o Brasil está desde 2019 evoluindo com a recuperação de resíduos, enquanto que a Argentina apresentou uma evolução em 2020. Porém, em 2021, esse percentual voltou a reduzir, pois somente 72 % dos resíduos gerados foram recuperados.

Vale reforçar que o indicador de recuperação de resíduos não pode ser relacionado diretamente aos avanços tecnológicos da produção, uma vez que os dois países possuem legislações distintas para tratamento de resíduos, e as tecnologias existentes para recuperação de resíduos estão localizadas em empresas externas ao processo produtivo.

De modo geral, as atividades paradas por dois meses devido à pandemia fizeram com que o consumo de água e energia aumentassem, tendo os maiores valores no ano de 2020 para as duas unidades, quando comparados aos resultados de 2019 e 2021. No entanto, as recuperações de resíduos foram altas, consideradas satisfatórias, sendo essas atividades externas à empresa, e não possuindo qualquer relação com a indústria 4.0.

Por fim, Wan *et al.* (2015) destaca que a aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 contribuem para uma maior inclusão social e ambiental nas indústrias, uma vez que essas tecnologias tornam os processos mais inteligentes e sustentáveis. De acordo com Kang *et al.* (2016), a Indústria 4.0 deve ser capaz de não somente de ditar evoluções em indicadores econômicos ou ambientais, mas também criar novos valores que podem contribuir para a sociedade como um todo.

4.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As auditorias ambientais são de extrema importância para avaliação do desempenho ambiental de unidades com certificação ISO 14001, são nas auditorias que os resultados são

verificados, bem como as ações necessárias para alcançar os objetivos e as metas propostas anualmente.

Diante dos resultados expostos, foi possível observar que existe uma grande diferença entre as unidades do Brasil e Argentina. Apesar de se tratar de um mesmo fabricante de pneus, a Argentina possui resultados ainda fragilizados, e isso pode ser facilmente associado ao fato de a unidade não estar passando pelo processo de transformação em Indústria 4.0.

As fábricas possuem volumes de produção diferentes, porém próximos, onde todo o processo é semelhante, com grandes diferenças no que diz respeito à nova revolução industrial. A unidade brasileira possui processos mais tecnológicos e inteligentes, proporcionando uma redução no consumo de água e no consumo energético para produção de pneus.

No Brasil, existem tecnologias para tratamento de resíduos que não possuem relação com o processo produtivo em questão, sendo este o grande diferencial do país no que se refere à destinação de resíduos sólidos, onde em sua maioria podem ser coprocessados. Por essa razão, apenas o resultado relacionado ao percentual de recuperação de resíduos não pode ser facilmente comparado entre as unidades, e associado à quarta revolução industrial, uma vez que os países possuem legislações distintas no que diz respeito à reciclagem de resíduos, principalmente àqueles provenientes do processo de fabricação de pneus e logística reversa.

Por fim, pode-se concluir que a Indústria 4.0, também chamada de quarta revolução industrial, pode influenciar diretamente na valorização da cultura de sustentabilidade e gestão ambiental, uma vez que processos mais tecnológicos tendem a ser mais sustentáveis, mais limpos, e até mesmo mais inteligentes, com um menor índice de consumo de água e um menor consumo energético para operação, ou seja, a Indústria 4.0 pode sim influenciar diretamente nos resultados ambientais de uma empresa, neste caso, de uma indústria de pneus localizada no Brasil.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, J. E. B. A “indústria 4.0” e a sustentabilidade do modelo de financiamento do Regime Geral da Segurança Social. **Cadernos de Direito Actual**, n. 5, p. 243-254, 2017.
- ARGENTINA AMBIENTAL. Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicios - Ley 25612. Disponível em: <https://argentinambiental.com/legislacion/nacional/ley-25612-gestion-integral-residuos-industriales-actividades-servicios/#:~:text=Gesti%C3%B3n%20Integral%20de%20Residuos%20Industriales%20y%20de%20Actividades,de%20procesos%20industriales%20o%20de%20actividades%20de%20servicios.?msclkid=562fafac60811ecab9937436a49bed5>. Acesso em: 16 mar. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001 - **Sistemas de gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14031 - **Gestão ambiental - Avaliação de desempenho ambiental**: Diretrizes. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS. **Reciclanip**. Disponível em: <https://www.reciclanip.org.br/>. Acesso em: jun. 2021.
- AVELAR, K., DUSEK, P., MIRANDA, M., LIMA, M. **Semioses: Inovação, Desenvolvimento e Sustentabilidade**, v. 13, n. 3, Rio de Janeiro, jul./set. 2019. ISSN 1981-996X
- BORLIDO, D. J. A. **Indústria 4.0**: aplicação a sistemas de manutenção. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade do Porto, Porto, 2017.
- BRASIL. **Lei Federal Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010.
- CARDOSO, A. **Auditoria de sistema de gestão integrada**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015. p. 118.
- COLARES, A. C. V. ATHAYDEB, M.; CUNHA, J. V. A. C.; RIBEIRO, M. S. As Empresas com Certificação ISO 14001 Realmente têm uma Atividade Ambiental Superior?. **Sistemas & Gestão**, v. 10, n. 3, p. 356-368, 2015.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 416, de 30 de setembro de 2009**. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências; revoga as Resoluções nº 258/1999 e nº 301/2002. Diário Oficial da União, Brasília, 01 out. 2009.
- COSTA, C. **Indústria 4.0**: o futuro da indústria nacional. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. São Paulo, p. 5-14, 2017.
- FELDMAN, I. R. ISO Standards, Environmental Management Systems, and Ecosystem services. **Environmental Quality Management**. 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLDENSTEIN, M.; ALVES, M. F., BARRIOS, M. T. Panorama da indústria de pneus no Brasil: ciclo de investimentos, novos competidores e a questão do descarte de pneus inservíveis. *In: BNDS SETORIAL*. Rio de Janeiro, n. 25, p. 107-130, mar. 2007.

HUBA, M.; KOZAK, S. From E-learning to Industry 4.0. **International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)**, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Relatório de pneumáticos**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/relatorios/pneumaticos/relatorio-de-pneumaticos>. Acesso em: 16 mar. 2022.

KANG, H. S.; LEE, J. Y.; CHOI, S. *et al.* Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, v. 3, n. 1, p. 111-128, 2016.

MAGALHÃES, R.; VENDRAMINI, A. Os impactos da quarta revolução industrial. **GV EXECUTIVO**, v. 17, n. 1, p. 40-43, 2018.

MARACAJÁ, K. F. B.; OLIVEIRA, B. R. S. Indústria 4.0 e sustentabilidade: um estudo de caso sobre o processo de reciclagem de paletes de uma grande empresa em campina grande-pb. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 21, n. 2, p. 01-22, 2020.

MONTEIRO, L., TORMES, J. R., DE AZEVEDO, L. C. S. G. Estudo de caso: uma metodologia para pesquisas educacionais. **Ensaio Pedagógico**, v.2, n. 1, p. 18-25, 2018.

OLIVEIRA, O. J.; SERRA, J. R. Benefícios e dificuldades da gestão ambiental com base na ISO 14001 em empresas industriais de São Paulo. **Production**, v. 20, p. 429-438, 2010.

PAIM, R.; CARDOSO, V.; CAULLIRAUX, H. M. *Gestão de processos: pensar, agir e aprender*. Porto Alegre: Bookman, 2009.

RICARDO, R. **Desenvolvimento de indicadores de maturidade do sistema de gestão ambiental em conformidade com a Norma NBR ABNT ISO 14001: 2015 para criação em um sistema de informação computacional**. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental) - Universidade de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto, 2019.

RODRIGUES, J. F; EYNG, I. S.; LIMA, I. A.; REIS, D. R. E OLIVEIRA, I. L. **Implantação do Sistema de Gestão Ambiental Segundo a NBR ISO 14001: uma pesquisa de campo em empresa do ramo metalúrgico**, 2008.

RODRIGUES, J. R. **Melhoria do processo de produção de tecidos metálicos na fabricação de pneus**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Mestrado profissionalizante. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

SAKURAI, R.; ZUCHI, J. D. As revoluções industriais até a indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018.

SANTOS, B. P., ALBERTO, A., LIMA, T. D. F. M., & CHARRUA-SANTOS, F. M. B. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.

SCHULES, M. V. **Proposta de diagnóstico para adoção das tecnologias da indústria 4.0 em um processo produtivo com base em indicadores de sustentabilidade**: um estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

SPRICIGO, B. **Resumo sobre Indústria 4.0**: entenda rapidamente os conceitos e benefícios. Disponível em: <http://www.pollux.com.br/blog/resumo-sobre-industria-4-0-entendarapidamente-os-conceitos-e-beneficios>. 2018.

TARTAROTTI, L., SIRTORI, G., LARENTIS, F. Indústria 4.0: Mudanças e Perspectiva. **XVIII Mostra de Iniciação Científica, Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão**, UCS, 2018.

VIANNA, I. O. A. **Metodologia do trabalho científico**: um enfoque didático da produção científica. São Paulo: E.P.U., 2001.

WAN, J.; CAI, H.; ZHOU, K. Industrie 4.0: enabling technologies. *In*: **Intelligent Computing and Internet of Things (ICIT), 2014 International Conference on**. IEEE, 2015. p. 135-140.

MINI CURRÍCULO E CONTRIBUIÇÕES AUTORES

TÍTULO DO ARTIGO	INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA 4.0: ANÁLISE COMPARATIVA EM DUAS UNIDADES DE UM FABRICANTE DE PNEUS
RECEBIDO	07/06/2022
AVALIADO	05/07/2022
ACEITO	22/07/2022

AUTOR 1	
PRONOME DE TRATAMENTO	Srta.
NOME COMPLETO	Hyla Bantim de Araújo Torres
INSTITUIÇÃO/AFILIAÇÃO	Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
CIDADE	Feira de Santana
ESTADO	Bahia
PAÍS	Brasil
	http://lattes.cnpq.br/4121461910256718
	https://orcid.org/0000-0001-7715-6351
RESUMO DA BIOGRAFIA	Engenheira Sanitarista e Ambiental pela UFRB, Engenheira de Segurança do Trabalho pelo Centro Universitário UniFTC e Pós-Graduanda da Especialização Interdisciplinar em Ambiente, Tecnologia e Sustentabilidade.
AUTOR 2	
PRONOME DE TRATAMENTO	Sr.
NOME COMPLETO	Bruno Souza Fernandes
INSTITUIÇÃO	Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
CIDADE	Feira de Santana
ESTADO	Bahia
PAÍS	Brasil
	http://lattes.cnpq.br/5754913226872247
	https://orcid.org/0000-0002-1211-6671
RESUMO DA BIOGRAFIA	Engenheiro de Produção e mestre em Ciência dos Materiais pela UESC, doutor em Engenharia Industrial pela UFBA. Professor Adjunto do CETENS/UFRB, atuando nos cursos de Engenharia de Produção e na Especialização em Ambiente, Tecnologia e Sustentabilidade.
CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES NO ARTIGO	Todos os autores contribuíram na mesma proporção.

Endereço de Correspondência dos autores	Rua Godofredo Rebello de Figueiredo Filho (Antiga Avenida Centenário), nº 697, Bairro SIM. Feira de Santana - Bahia. CEP: 44085-132 Autor 1: hyla.bantim@outlook.com Autor 2: bruno.fernandes@ufrb.edu.br
---	--