



Construção do Inventário para Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida dos Resíduos de Serviço de Saúde no Hospital Universitário

Construction of the Inventory to Assess the Impacts of the Life Cycle of Health Service Waste at the University Hospital

Gibran Sarmiento Almeida¹, Viviane Farias Silva², Lilian de Queiroz Firmino³, Maria do Carmo Pinto⁴, Maria Goretti Gama⁵, Helio Lopes Silveira⁶, Teresinha do Bu Melo⁷

RESUMO: Nos sistemas de gerenciamento de resíduos é fundamental haver o monitoramento regular assim se houver falhas em alguma de suas etapas, como na segregação, acarretará em produção de cerca de 70% de resíduos infectantes nos ambientes de saúde, aumentando os custos com o tratamento final. Assim a presente pesquisa foi realizada objetivando-se construir o Inventário para avaliar dos impactos do ciclo de vida (AICV) da geração dos resíduos de serviço de saúde (RSS) em um hospital universitário de grande porte situado na cidade de Campina Grande-PB, no período de 2017 a 2020, antes e durante a pandemia de COVID-19, possibilitando verificar a influência da pandemia e analisar o banco de dados dos resíduos. Foram verificados o processo de gerenciamento e a destinação desses RSS para o aterro sanitário, tratamento especial e reciclagem. A geração de resíduos aumentou em 2018 e 2019, resultando em maiores emissões de gases. Assim o inventario do ciclo de vida é uma ferramenta importante para medir e identificar a situação em cada fase do processo.

Palavras-chave: Ambiente hospitalar; AICV ; banco de dados.

ABSTRACT: In waste management systems, it is essential to have regular monitoring, as if there are failures in some of its stages, such as segregation, it will result in the production of about 70% of infectious waste in health environments, increasing costs with final treatment. Thus, the present research was carried out with the objective of constructing the Inventory to evaluate the effects of the life cycle (AICV) of the generation of health service waste (RSS) in a large university hospital located in the city of Campina Grande-PB, in the period from 2017 to 2020, before and during the COVID-19 pandemic, verifying the influence of the pandemic and analyzing the residue database. The management process and the destination of these RSS to the sanitary landfill, special treatment and recycling were verified. Waste generation increased in 2018 and 2019, resulting in higher gas emissions. Thus, the life cycle inventory is an important tool for measuring and identifying the situation at each stage of the process.

Key-words: Hospital environment; LCIA; database.

¹Doutor em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: gibransarmiento@hotmail.com;

²Professora da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal e da Pós-Graduação em Engenharia e Gestão dos Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: viviane.farias@professor.ufcg.edu.br; ³ Doutoranda Pós-Graduação em Engenharia e Gestão dos Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: naililufcgcta@gmail.com;

⁴Professora Visitante da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos e da Pós-Graduação em Engenharia e Gestão dos Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: carminhapin@gmail.com; ^{5,6 e 7}Mestre em Engenharia e Gestão dos Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: gammagoretti@gmail.com; doteresinha@gmail.com; hlsil@hotmail.com;

INTRODUÇÃO

Estima-se que seja produzido um total 65,1 milhões de toneladas de resíduos, misturando os resíduos sólidos domiciliares, públicos e da saúde, representando 0,99 kg por habitante/dia. A estimativa da disposição final no solo é no quantitativo de 48,1 milhões de toneladas que são direcionados para aproximadamente 621 aterros sanitários e mais de 8 milhões são dispostos para os lixões (SNIS, 2021), informações estas que enfatizam os impactos que podem ocasionar ao meio ambiente e a comunidade, principalmente os resíduos oriundos de ambiente hospitalar.

Os resíduos hospitalares ou Resíduos de Serviço de Saúde (RSS) têm como definição todo aquele gerado por unidades de saúde, laboratórios, clínicas, postos de unidade básica ou qualquer procedimento médico domiciliar e ambulatorial. Também estão incluídos os hemocentros, casas mortuárias, centros de autópsia e clínicas veterinárias (FERREIRA; SILVA; PAIVA, 2020; WHO, 2015).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) identifica seis tipos de resíduos perigosos, enquanto a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) classifica os RSS em 5 categorias (Grupo A a E). Para os resíduos infectantes, são utilizados sacos plásticos brancos, enquanto para os não infectantes, sacos plásticos de qualquer cor exceto branca. Para os químicos, devem ser acondicionados em embalagens adequadas e identificados corretamente.

Inclusive a classificação dos RSS obedece às suas características físico-químicas peculiares, essas podem causar impactos à saúde e ao meio ambiente devido a presença de substâncias nocivas. Os resíduos são classificados em perigosos e não perigosos. A periculosidade depende de suas propriedades físico-químicas ou infectocontagiosas, dependente da forma de armazenamento, transporte e descarte (ABNT, 2016).

No gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde é importante que os resíduos considerados perigosos além das precauções especiais, devido possuir elevado potencial poluidor, sejam manejados e destinados dentro dos padrões estabelecidos pelas normativas, podendo ocasionar impactos ambientais diretos e indiretos, abrangendo desde os acidentes com os profissionais de saúde e daqueles que entram em contato com

os RSS e contaminação de solo, corpos hídricos e ar, contribuindo de forma nociva a natureza (CAFURE et al., 2015; CHARTIER et al., 2014; KWIKIRIZA et al., 2019).

Conforme os autores Brum e Modolo (2019) todo o sistema de gerenciamento é fundamental, se em alguma fase houver falhas, como na segregação, acarretará em produção de cerca de 70% de resíduos infectantes nos ambientes de saúde, aumentando os custos com a incineração. Para os trabalhos de Reis e colaboradores (2020), toda instituição deve implementar técnicas de condutas seguras de segregação, manuseio, armazenamento, transporte, tratamento e na disposição final dos resíduos.

Dessa maneira para entender o processo do gerenciamento dos RSS, umas das ferramentas que detalha e quantifica todo o fluxo é o inventário, realizado para a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que ao ser aplicada aos RSS desempenha função de diagnosticar os impactos ambientais relacionados à gestão (BOVEA et al., 2010). Os estudos realizados no Brasil apenas associam o ACV aos resíduos sólidos urbanos, mas não existem estudos sobre ACV que relacionassem aos resíduos sólidos nos serviços de saúde, seja na região Nordeste ou no país, como evidência Almeida (2022).

Nesse contexto, a presente pesquisa foi realizada objetivando-se construir o Inventário para avaliar os impactos do ciclo de vida (AICV) da geração dos resíduos de serviço de saúde (RSS) em um hospital universitário de grande porte situado na cidade de Campina Grande-PB, no período de 2017 a 2020, antes e durante a pandemia de COVID-19, possibilitando verificar a influência da pandemia e analisar o banco de dados dos resíduos.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Hospital Universitário Alcides Carneiro (HUAC), situado conforme Almeida et al. (2021) nas seguintes coordenadas geográficas: 7°13'39,7358'' S e 35°53'32,25026'', localizado no Município de Campina Grande-PB.

O processo de triagem dentro do serviço de saúde está fundamentado nas referências normativas da NBR 10.007 (ABNT, 2004). Todo o material de RSS passou por um processo de análise gravimétrica em que foram pesados no setor de armazenamento do HUAC, posteriormente separado e calculado em quantidade percentual de materiais básicos que os compõem, como matéria orgânica, vidros, plásticos, metais, madeira, papel e outros. Também foi analisado o gerenciamento da reciclagem pela empresa responsável pelo procedimento, os dias da coleta, assim como a distância percorrida até o processamento e outras informações específicas que fazem a diferença nos custos da reciclagem e logística reversa, considerando o tipo de veículo utilizado e seu consumo médio por km rodados.

Para a estimativa de emissões dos veículos, foram calculados CO₂, CH₄ e N₂O, de acordo com as equações que constam no Centro Clima (2021) que foram inseridas no banco de dados de saída do inventário. Os dados sobre os fatores de emissão dos veículos foram obtidos do Relatório da Qualidade do Ar no Estado de São Paulo (CENTRO CLIMA, 2021).

Foi estimada a emissão de CO₂ e CH₄, no aterro sanitário de Campina Grande-PB, com base na pesquisa realizada por Moreira (2018) sobre as emissões em célula de aterro sanitário de Campina Grande.

No HUAC, a coleta dos Infectantes (Grupo A) ocorreu junto dos perfurocortantes (Grupo E). No Grupo D ou resíduo comum houve a necessidade de separação devido a existência de duas empresas coletoras para diferentes tipos de resíduos, a SESUMA que destinava os resíduos comuns e a COTRAMARE que processava os recicláveis.

O processo de inventário tem como função primordial fazer o levantamento, a apuração detalhada no processamento de RSS desde as condições de separação, classificação, acondicionamento, transporte e destinação final. Em seguida foi realizada a elaboração do inventário de gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde do HUAC, considerando o limite do sistema, os resíduos gerados dentro do hospital, transporte e destinação final. Foram coletados os seguintes dados:

I. Dados de entrada:

a) A quantificação e classificação dos resíduos de serviços de saúde gerados em todos os setores do hospital;

b) Quantificação de materiais gerados que são direcionados ao setor de reciclagem, coleta comum e coleta especial;

c) O percentual de eficiência para os materiais coletados, de acordo com Rigamonti et al. (2009), em que: papel/papelão é de 97,5%, plástico é 80%, metal e vidro é 90% e 100% para a borracha;

d) Quantificação do consumo de combustível utilizado na coleta seletiva, para disposição final no aterro sanitário de Campina Grande-PB e para os outros tipos de tratamento final.

II. Dados de saída:

CO₂, CH₄ e N₂O.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os dados disponibilizados pelas empresas de coleta (Stericycle, Sesuma) e cooperativa de reciclagem (Cotramare), os caminhões utilizados no transporte são respectivamente, Volkswagen 4x2 com capacidade para transporte de 5 toneladas, Volkswagen Constelation 4x2 e caminhão Mercedes Benz. Os veículos coletam os resíduos três vezes (Stericycle e Cotramare) e cinco vezes (Sesuma) por semana.

Para o aterro sanitário são utilizados maquinários pesados como trator de esteira e caminhão pipa com capacidade de 12 mil litros, ambos funcionando de segunda a sábado ou seis dias por semana. Os gastos de combustível dentro do aterro são estimativas fornecidas pela própria administradora. A distância e o consumo de combustível entre o hospital e os núcleos de coleta estão estimados na Tabela 1.

Tabela 1 - Consumo de diesel e distâncias entre o HUAC (H) a cada núcleo de coleta por mês.

HUAC – NÚCLEOS	KM TOTAL	LITROS/ KM	TOTAL DE LITROS/MÊS
- HUAC /Stericycle (Bairro do Passarinho, Recife, PE, ida e volta)	4.973,64	8,3	41.281,212
- HUAC /Aterro Sanitário (aterro sanitário de Catolé de Boa Vista, PB - 138)	967,82	5,0	4.839,1
- HUAC / Cotramare (Bairro do Monte Santo, Campina Grande, PB)	62,4	5,0	312

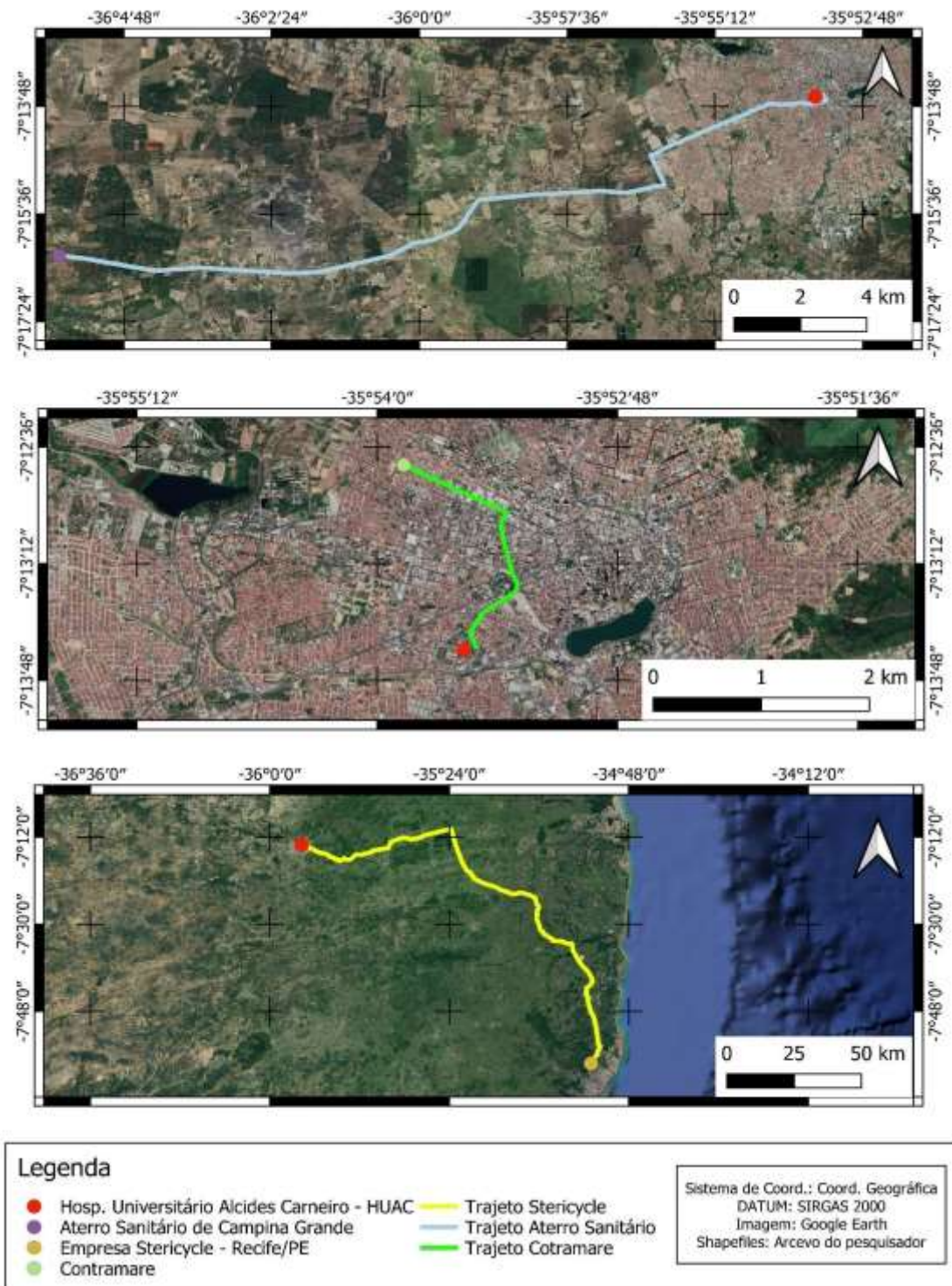
Fonte: Autores (2022).

Contudo, obtendo a trajetória de cada caminhão observada em imagens de satélite, calculou-se o percurso de ida e volta para cada empresa, o ponto de partida é o local de processamento dos resíduos até o HUAC e o retorno. A trajetória escolhida é a que apresenta o menor tempo para o retorno. Na Figura 1 nota-se o deslocamento dos veículos de cada empresa. No primeiro deslocamento observa-se a trajetória dos veículos da Sesuma. Essa empresa transporta os resíduos do grupo D, não recicláveis, do HUAC para o aterro sanitário localizado no município de Catolé de Boa Vista na PB – 138. A menor trajetória foi de 22,4 km com tempo médio de 34 minutos em uma velocidade média de 80km/h, considerando ida e volta o total é de 44,6 km/viagem. Logo que ocorre o despejo, os veículos retornam ao município de Campina Grande – PB.

Ainda na Figura 1, para a cooperativa dos catadores localizada no próprio município de Campina Grande-PB, a melhor distância entre o hospital e a Cotramare foi de 2,6 km, totalizando 5,2 km, considerando ida e volta, com tempo médio de dez minutos, semelhante a metodologia aplicada por Mazhandu et al. (2023).

Na última trajetória, o tempo médio de uma viagem do HUAC à empresa Stericycle é de, aproximadamente, 3 horas e 9 minutos para uma velocidade média de 80 km/h. A distância é de 191 km para a BR 230 e BR 101 até o local, sendo considerado a ida e volta, totalizando por cada viagem 382km, conforme a Figura 1.

Figura 1- Trajetória dos veículos do HUAC ao ponto final, onde será realizado a destinação final dos resíduos.



Fonte: Autores (2022).

O consumo médio de água do setor de reciclagem foi de 1.170,3 L/t e o consumo médio de eletricidade foi de 10,02 kWh/t. Para o aterro sanitário não considerou consumo de água, apenas de eletricidade no valor de 0,041 (kWh/t) e consumo de diesel no valor de 0,010 L/t. Convertendo para o quantitativo de resíduos de serviço de saúde gerados anualmente, conforme observa-se na Tabela 2, baseado nos valores obtidos por Martins et al. (2017) ao analisar cinco galpões de coleta seletiva em João Pessoa-PB. Os demais dados de entrada foram obtidos e calculados através de monitoramento e acompanhamento do gerenciamento dos RSS do HUAC.

Nota-se na Tabela 2 que no ano de 2018 foi gerado maior quantitativo de resíduos classificados como Grupo D, não recicláveis, com cerca de 164 toneladas que foram direcionados ao aterro sanitário, somando os 4 anos analisados (2017 a 2020) foram dispostos aproximadamente 590 toneladas de resíduos, destacando que no ano de 2017 foi o que teve menor quantitativo de resíduos, o que pode estar relacionado com o início da prática de gerenciamento no hospital. Já os resíduos infectantes do período de 2018 a 2020 foram superiores a 54 toneladas/ano.

Em relação ao transporte, a rota não houve mudanças assim a quantidade de vezes de coleta realizada foram as mesmas durante o período analisado, constatando que a contratação de uma empresa terceirizada para tratamento dos resíduos de saúde, utilizou-se mais de 495 mil litros de diesel apenas para o transporte, devido a distância do local de tratamento, enquanto que para o transporte para o aterro o consumo foi superior a 58 mil litros de combustível, dados verificados na Tabela 2.

Foi realizado a estimativa do consumo de água e energia elétrica no setor de reciclagem, com menor registro no ano de 2020, enquanto que em 2018 observou-se aproximadamente 249 kw e 29 mil litros de água (Tabela 2).

A quantidade de dióxido de carbono emitida é menor dentro do aterro sanitário já que a distância percorrida é mínima, os tratores são utilizados para compactação dos resíduos e sua cobertura com solo, ficando em evidência o quantitativo emitido pelo veículo para a empresa de tratamento especial, Tabela 2.

Tabela 2 - Dados gerais do Inventário dos RSS do HUAC de 2017 a 2020.

Dados de entrada		Quantidade (toneladas/ano)			
	Tipos de resíduos	2017	2018	2019	2020
Aterro sanitário	GRUPO D -Não recicláveis	122,10	163,86	152,36	151,90
Infectantes/perfurocort ante	Grupo A/E	46,77	54,65	58,66	54,96
Reciclável	Grupo D	-	24,78	22,10	19,26
Transporte		Diesel (L/ano)			
HUAC – Tratamento especial		495.374,544	495.374,544	495.374,544	495.374,544
HUAC – Aterro Sanitário		58.069,2	58.069,2	58.069,2	58.069,2
Aterro Sanitário de Campina Grande		1,221	1,638	1,523	1,519
HUAC – Contramare		6.249,6	6.249,6	6.249,6	6.249,6
Consumo de água e energia					
Consumo médio de água do setor de reciclagem (L/ano)		-	29000,03	178306,90	177768,57
Consumo de Energia do Aterro Sanitário ((Kwh/ano)		5,00	6,718	6,24	6,22
Energia do setor de reciclagem (Kwh/ano)		-	248,29	221,44	192,98
Dados de saída*		Kg de CO₂			
CO ₂ dos veículos HUAC – Tratamento especial		1289,46	1289,46	1289,46	1289,46

CO ₂ dos veículos HUAC – Aterro Sanitário	151,15	151,15	151,15	151,15
CO ₂ dos veículos no Aterro Sanitário	3,17	4,26	3,96	3,95
CO ₂ dos veículos HUAC – Contramare		16,27	16,27	16,27
Kg de CH₄				
CH ₄ dos veículos HUAC – Tratamento especial	3581,02	3581,02	3581,02	3581,02
CH ₄ dos veículos HUAC – Aterro Sanitário	696,83	696,83	696,83	696,83
CH ₄ dos veículos HUAC – Contramare		74,99	74,99	74,99
Kg de N₂O				
N ₂ O dos veículos HUAC – Tratamento especial	1790,5	1790,5	1790,5	1790,5
N ₂ O dos veículos HUAC – Aterro Sanitário	348,4	348,4	348,4	348,4
N ₂ O dos veículos HUAC – Contramare		37,49	37,49	37,49
Kg de CO₂				
CO ₂ da célula no Aterro Sanitário**	2367,7	3177,49	2954,49	2945,57
Kg de CH₄				
CH ₄ da célula no Aterro Sanitário**	20368,14	27190,88	25415,97	25339,23

Fonte: Autores (2022). * Dados estimados obtidos de Centro Clima (2021) ** Dados estimados obtidos de Moreira (2018).

A emissão estimada de metano e óxido nitroso dos veículos estão interligados pela distância percorrida, já que tem relação com a queima de combustível, contudo a célula do aterro sanitário também contribui com valores de emissão de dióxido de carbono de quase 3 mil Kg ao ano e de metano superior a 20 mil kg, Tabela 2, assim percebe-se que apesar dos resíduos serem encaminhados para a destinação final correta, ainda ocorrem danos ambientais significativos, principalmente relacionados a poluição do ar.

Na pesquisa realizada por Mazhandu et al. (2023) ao comparar os impactos do ciclo de vida de diversos plásticos observando os cenários na África do Sul, obtiveram elevados impactos no aquecimento global devido principalmente ao transporte.

CONCLUSÃO

A construção do inventário possibilita observar o que ocorre no processo de segregação, descarte e tratamento final dos resíduos de um estabelecimento;

Cada tipo de tratamento dos resíduos gera um valor de saída de gases, variando conforme a localização e quantidade direcionada;

A reciclagem é o setor que ocasiona menores emissão de gases, sendo assim uma alternativa para ampliar este tipo de destinação;

REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). ISO/TR 14047: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Exemplos ilustrativos de como aplicar a ABNT NBR ISO 14044 a situações de avaliação de impacto. Primeira edição. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 10004: A classificação de resíduos sólidos segundo a ABNT. Rio de Janeiro, 2004.

ALMEIDA, G.S. Análise do ciclo de vida dos resíduos de saúde em hospital universitário: interface com a pandemia da COVID-19. Tese (Doutorado em Recursos Naturais)- Universidade Federal de Campina Grande. 107p. 2022.

ALMEIDA, G.S.; SILVEIRA, H.L.; MELO, T.B.; ALMEIDA, M.Z.R.; MARTINS, W.A.; SILVA, V.F. Análise dos resíduos de serviços de saúde em hospital universitário antes e durante a pandemia de COVID-19. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*. v.12, n.10, 2021. DOI:<https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.010.0038>

BOVEA, M.D., et al. (2010) Environmental Assessment of Alternative Municipal Solid Waste Management Strategies. A Spanish Case Study. *Waste Management*, 30, 2383-2395. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.03.001>

BRUM, T.T.; MODOLO, R.C.E. Avaliação e monitoramento dos resíduos de serviços de saúde do grupo A, B e E no hospital de Novo Hamburgo (RS), Brasil: Estudo de Caso. *R. gest. sust. ambient.*, v. 8, n. 4, p. 567-587, 2019. CAFURE, V. A.; PATRIARCHA-GRACIOLLI, S. R. Os resíduos de serviço de saúde e seus impactos ambientais: uma revisão bibliográfica. *Interações*, v.16, n.2, p.301- 314, 2015.

CENTRO CLIMA. Emissão de Gases de Efeito Estufa -2050: Implicações Econômicas e Sociais do Cenário de Plano Governamental. CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ Apoio: Instituto Clima e Sociedade (ICS) WWF -Brasil. (2021), 79p.

CHARTIER, Y.; EMMANUEL, J.; PIEPER, U.; PRÜS A.; RUSHBROOK, P.; STRINGER, R.; TOWNEND, W.; WILBUM, S.; ZGHONDI, R.; World Health Organization. *Safe management of wastes from healthcare activities*. ed World Health Organization. 2^a ed, 2014.

FERREIRA, J. P. M.; SILVA, M. M. P.; PAIVA, W. Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde em hospital público de um município de grande porte. *Society and Development*, v. 9, n. 12, e38191211270, ISSN 2525-3409, 2020.

KWIKIRIZA, S.; STEWART, A. G.; DOBSON, A. E.; EDWIN, R. B.M.; WILKINSON, E.. A Whole Systems Approach to Hospital Waste. *Frontiers in Public Health*, v.7, p.136, 2019. DOI: <http://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00136>

MAZHANDU, Z.S.; MUZENDA, E.;BELAID, M.; NHUBU, T. (2023). Avaliação comparativa dos impactos do ciclo de vida de vários cenários de gestão de resíduos plásticos em Joanesburgo, África do Sul. *The International Journal of Life Cycle Assessment* , 28 (5), 536-553.

REIS, M.; LIMA, J.; VIEIRA, D. Gerenciamento de resíduos hospitalar e sua importância para a vida humana e o meio ambiente. Faculdade Dom Bosco. Paraná, 2020.

Relatório de Desempenho 2018 – Hospital Universitário Alcides Carneiro (HUAC). Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH) – Hospitais Universitários Federais. 2019.

RIGAMONTI, L.; GROSSO, M.; SUNSERI, M.C. Influence of assumption about selection and recycling efficiencies on the LCA of integrated waste management systems. *Int J Life Cycle Assess*, v.14, p.411-419, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). "Fact-sheet nº 253 - Health-care waste". 2015. Disponível em . Acessado em: 20 de out. 2020. Disponível em <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs253/en/>>. Acessado em: 20 de out. 2020