



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE
DOS HOSPITAIS DE BELO HORIZONTE**

Arthur Couto Neves

Belo Horizonte

2021

Arthur Couto Neves

**AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE
DOS HOSPITAIS DE BELO HORIZONTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Profa. Dra. Gisele Vidal Vimieiro

Coorientador: Dr. Marcos Paulo Gomes Mol

Belo Horizonte

2021

ARTHUR COUTO NEVES

AValiação DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE DOS
HOSPITAIS DE BELO HORIZONTE

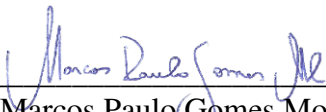
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Centro Federal de Educação Tecnológica de
Minas Gerais como requisito parcial para
obtenção de título de Engenheiro Ambiental e
Sanitarista.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Gisele Vidal Vimieiro

Data de aprovação: 27 / 08 / 2021

Banca examinadora:

Gisele Vidal Vimieiro
Prof.^a Dra. – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais



Marcos Paulo Gomes Mol
Prof. Dr. – Fundação Ezequiel Dias

Lisete Celina Lange:68589050904
Assinado de forma digital por
Lisete Celina Lange:68589050904
Dados: 2021.09.03 09:55:11 -03'00'

Liséte Celina Lange
Prof.^a Dra. – Universidade Federal de Minas Gerais

Elci de Souza Santos
Prof.^a Me. – Hospital das Clínicas da UFMG



Emitido em 27/08/2021

ATA Nº 17/2021 - DCTA (11.55.03)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 03/09/2021 12:57)

GISELE VIDAL VIMIEIRO

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

DCTA (11.55.03)

Matrícula: 1905026

(Assinado digitalmente em 03/09/2021 16:52)

ELCI DE SOUZA SANTOS

ASSINANTE EXTERNO

CPF: 960.316.206-00

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.cefetmg.br/documentos/> informando seu número:
17, ano: **2021**, tipo: **ATA**, data de emissão: **03/09/2021** e o código de verificação: **e6f004e01f**

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, principalmente aos meus pais, pelo incentivo, pelo apoio nos momentos difíceis, por sempre acreditarem em mim e pelos esforços dedicados que permitiram que eu chegasse até esse momento.

A Fundação Ezequiel Dias – Funed, por apoiar a realização da pesquisa; Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo incentivo financeiro.

A professora Gisele, não apenas por toda atenção por esse período prolongado para execução desse trabalho, mas também por todo ensinamento transmitido, pela confiança e a disponibilidade de sempre.

Ao Marcos, por todo compartilhamento de sua experiência desde os tempos de Funed e pela confiança que se desenvolveu nessa parceria duradoura.

A toda equipe da Gerência de Licenciamento da SLU, em especial a Camila e a Maria Esther pelo suporte no desenvolvimento do estudo.

A toda equipe da Área de Sustentabilidade do Grupo Zelo, pelo acolhimento e aprendizado profissional que vocês me ofereceram, mesmo em um espaço curto de tempo, principalmente para Thayrinne e a Ana Luisa pela oportunidade e o conhecimento compartilhado.

A todos os professores do DCTA do CEFET-MG, que fizeram parte dessa jornada, por todo aprendizado e atenção recebida.

Por fim, agradeço aos colegas e amigos da Engenharia Ambiental e Sanitária, por todo apoio e convivência ao longo desses anos, em especial: Ana Luiza, Débora, Lucas, Luiz, Maluzinha, Manu, Renata e Tereza.

RESUMO

NEVES, Arthur Couto; MOL, Marcos Paulo Gomes; VIMIEIRO, Gisele Vidal. **Avaliação da Geração de Resíduos de Serviço de Saúde dos Hospitais de Belo Horizonte**. 2021. 84f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

O gerenciamento dos resíduos de serviço de saúde é um desafio para os estabelecimentos que geram esse tipo de resíduo, principalmente os hospitais por serem um dos maiores geradores. Um fator determinante no gerenciamento de resíduos é o quantitativo de geração, que deve ser utilizado para todo planejamento do gerenciamento. O presente estudo tem como objetivo compilar e avaliar as informações sobre o gerenciamento de resíduos de serviço de saúde (RSS) gerados nos hospitais de Belo Horizonte, de acordo com os dados declarados em seus respectivos Planos de Gerenciamento de RSS enviados para a Superintendência de Limpeza Urbana da cidade. Para tanto, realizou-se uma análise comparativa das gerações dos hospitais em relação às suas características (natureza, especialidade e porte), por meio do teste estatístico de Kruskal-Wallis com post-hoc em Nemenyi. Para os hospitais do estudo estimou-se uma taxa de geração de 7,16 [6,12 – 8,23] kg.leito⁻¹.dia⁻¹, geração próxima à de países desenvolvidos. Identificou-se que a parcela de resíduos perigosos foi de 18%, próximo a valores de referência encontrados na literatura. Observou-se que as características dos hospitais tendem a influenciar no quantitativo gerado de RSS nos estabelecimentos, como foram encontradas diferenças marginais na geração total em relação a especialidade e porte. Essas características também influenciam na estrutura disponível para o armazenamento de resíduos. Finalmente, sobre o tratamento de resíduos há poucas alternativas praticadas, sendo a incineração e autoclavagem as tecnologias mais utilizadas. Espera-se que os resultados apresentados possam servir como referência para gestores de resíduos, em um contexto em que há pouca informação compartilhada sobre o tema.

Palavras-chave: geração de resíduos de serviço de saúde, planos de gestão de resíduos, tratamento de resíduos.

ABSTRACT

NEVES, Arthur Couto; MOL, Marcos Paulo Gomes; VIMIEIRO, Gisele Vidal. **Evaluation of Hospital Waste Management in Belo Horizonte**. 2021. 84p. Bachelor's thesis (Environmental and Sanitary Engineering) – Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

Healthcare waste management is a challenge for establishments that generate this type of waste, especially hospitals as they are one of the largest generators. A determining factor in waste management is the amount of generation, which must be used for all management planning. This study aims to compile and evaluate information on the management of healthcare waste (HCW) generated by hospitals from Belo Horizonte, according to the data declared in their respective HCW Management Plans sent to the municipal cleansing autarchy. Therefore, a comparative analysis of the hospitals' generations in relation to their characteristics (administration, specialty and size) was carried out, using the Kruskal-Wallis statistical test with post-hoc in Nemenyi. For the study hospitals, a generation rate of 7.16 [6.12 – 8.23] kg.bed⁻¹.day⁻¹ was estimated close to that found for developed countries. It was identified that the portion of hazardous waste was 18%, close to reference values found in the literature. The characteristics of hospitals tend to influence the amount of HCW generated in the establishments, as marginal differences were found in the total generation relating the specialty and size. These characteristics also influence the structure available for waste storage. Finally, regarding waste treatment, few alternatives being utilized, incineration and autoclaving are the most used technologies. It is expected that the results presented can serve as a reference for waste managers, in a context where there is little shared information on the subject.

Keywords: healthcare waste generation, waste management plans, waste treatment.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO	15
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	Resíduos Sólidos no Brasil: conceito, classificação e panorama	16
3.2	Resíduos de Serviços de Saúde – RSS: conceito e classificação	18
3.3	Gerenciamento dos RSS	20
	3.3.1 <i>Geração de Resíduos de Serviço de Saúde</i>	21
	3.3.2 <i>Segregação</i>	24
	3.3.3 <i>Acondicionamento</i>	25
	3.3.4 <i>Armazenamento Temporário e Externo</i>	27
	3.3.5 <i>Tratamento e Destinação Final</i>	28
3.4	Riscos Ambientais e à Saúde associados aos RSS	31
3.5	Plano de Gerenciamento dos Resíduos de Serviço de Saúde	33
3.6	Geração de RSS em Hospitais	33
	3.6.1 <i>Geração de RSS em relação aos leitos</i>	34
	3.6.2 <i>Geração de RSS em relação a outras métricas</i>	35
4	METODOLOGIA	37
4.1	Coleta de dados	37
4.2	Padronização dos dados coletados	37
4.3	Análise dos dados	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1	Taxa de geração dos RSS dos hospitais de Belo Horizonte	40
5.2	Classificação dos RSS em relação a RDC nº 222/2018	44
5.3	Geração e classificação dos RSS em relação às características dos hospitais ...	51
5.4	Armazenamento externo dos RSS	58
5.5	Tratamento e Destinação Final dos RSS	60
6	CONCLUSÃO	63
7	RECOMENDAÇÕES	64
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Quadro da classificação dos grupos de RSS segundo a ANVISA.....	18
Figura 3.2 - Quadro da descrição dos Subgrupos dos resíduos infectantes.....	19
Figura 3.3 – Quadro da Simbologia dos Resíduos de Serviço de Saúde.....	26
Figura 3.4 – Representação de um abrigo externo de RSS	27
Figura 3.5 – Quadro das diretrizes para o tratamento de cada grupo de RSS	29
Figura 3.6 – Quadro dos métodos convencionais de tratamento/destinação dos RSS	30
Figura 4.1 – Quadro das classificações propostas para os hospitais	37
Figura 5.1 – Proporção dos resíduos perigosos gerado por hospital	43
Figura 5.2 – Geração total de RSS dos hospitais de Belo Horizonte, em relação a especialidade hospitalar	52
Figura 5.3 – Geração de resíduos do Grupo B dos hospitais de Belo Horizonte em relação a especialidade hospitalar	54
Figura 5.4 – Geração de resíduos perigosos dos hospitais de Belo Horizonte em relação a especialidade hospitalar	55
Figura 5.5 – Geração total de resíduos dos hospitais de Belo Horizonte em relação a natureza do estabelecimento	55
Figura 5.6 – Geração de resíduos perigosos dos hospitais de Belo Horizonte em relação a porte do estabelecimento	57
Figura 5.7 – Área dos abrigos em relação ao porte e especialidade dos hospitais de Belo Horizonte	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Estimativa da composição dos RSS gerados em Belo Horizonte.....	22
Tabela 3.2 – Taxa de geração de RSS por paciente, de dados encontrados na literatura.....	35
Tabela 3.3 – Taxa de geração de RSS em relação ao número de funcionários, de dados encontrados na literatura.....	36
Tabela 3.4 – Taxa de geração de RSS em relação a área construída, de dados encontrados na literatura.....	36
Tabela 5.1 – Descritivo da geração de RSS dos hospitais de Belo Horizonte.....	40
Tabela 5.2 – Descritivo da geração de RSS dos hospitais de Belo Horizonte, por grupo de resíduos pela ANVISA (kg.leito ⁻¹ .dia ⁻¹).....	45
Tabela 5.3 – Descritivo da geração dos Subgrupos do Grupo A para os hospitais de Belo Horizonte (kg.leito ⁻¹ .dia ⁻¹).....	50
Tabela 5.4 – Descritivo da geração de RSS em relação a especialidade dos hospitais de Belo Horizonte (kg.leito ⁻¹ .dia ⁻¹).....	52
Tabela 5.5 – Descritivo da geração de RSS em relação a natureza dos hospitais de Belo Horizonte (kg.leito ⁻¹ .dia ⁻¹).....	56
Tabela 5.6 – Descritivo da geração de RSS em relação ao porte dos hospitais (kg.leito ⁻¹ .dia ⁻¹).....	58

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
GRSS	Gerenciamento de resíduos de serviço de saúde
H-XX	Identificação sendo “XX” uma variação número de 01 até 51
OMS	Organização Mundial da Saúde
PGRSS	Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde
PMGIRS-BH	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RSS	Resíduo de Serviço de Saúde
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SLU	Superintendência de Limpeza Urbana
SMSA	Secretaria Municipal de Saúde
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
WHO	<i>World Health Organization</i>

1 INTRODUÇÃO

A recente intensificação da atividade humana, alinhada à expansão populacional, está relacionada a um aumento contínuo da geração de resíduos sólidos, colocando uma grande pressão sobre o meio ambiente (ABRELPE, 2020; ANSARI *et al.*, 2019; FERRONATO, 2019; KAZA *et al.*, 2018). Quando mal geridos, os resíduos podem levar a inundações em centros urbanos, contaminação do solo e corpos d'água, degradação da qualidade do ar, atração de vetores e, conseqüentemente, a riscos à saúde pública, além do aumento de gastos à administração local (GOVIND KHARAT *et al.*, 2019; MIGUEZ; REZENDE; VERÓL, 2015; TABASI; MARTHANDAN, 2013). Logo, o gerenciamento de resíduos torna-se de grande importância para a preservação do meio ambiente por promover estratégias de prevenção e mitigação destes possíveis impactos (BRASIL, 2010; PIRES *et al.*, 2018).

Entre os resíduos gerados nos municípios, pode-se encontrar uma diversidade de tipologias, como o resíduo domiciliar, resíduo de construção civil, resíduo industrial e o resíduo de serviço de saúde (RSS). Este último, apesar de representar entre um a três por cento do total gerado, necessita atenção especial, devido à sua periculosidade associada às suas características biológicas, químicas e físicas (BOURTSALAS; THEMELIS, 2019; FEAM, 2019; GHASEMI *et al.*, 2018).

O desafio de executar o correto gerenciamento dos RSS é maior nos países em desenvolvimento, uma vez que mesmo com existência de regulamentações governamentais, que apresentam os devidos cuidados a serem tomados para esta categoria de resíduo, a disposição dos RSS sem o devido tratamento é ainda recorrente, aumentando o risco e a intensidade de impactos ambientais negativos (ALI *et al.*, 2017; IDOWU *et al.*, 2019; TESFAHUN *et al.*, 2014; WINDFELD; BROOKS, 2015).

Diante dos cuidados necessários, exigidos por legislações, a fim de se evitar impactos negativos à saúde e ao meio ambiente, o gerenciamento de RSS se torna um processo complexo e de difícil execução para os empreendimentos que geram este tipo de resíduo (HOSSAIN; ALAM, 2013; JOVANOVIĆ *et al.*, 2016). Merecem destaque os hospitais, que são considerados os maiores geradores de RSS em virtude do contínuo aumento da

complexidade, alto uso de materiais descartáveis e crescimento da demanda por atendimentos de saúde (TEIXEIRA *et al.*, 2018).

Desse modo, a composição e quantificação dos RSS gerados nos estabelecimentos são informações fundamentais para um bom gerenciamento (CANIATO; TUDOR; VACCARI, 2015). Além disso, como sugerido por Liao e Ho (2014), a análise estatística da geração de resíduos pode contribuir para a elaboração das estratégias de gestão do RSS, apesar desta importante ferramenta ser subutilizada pelos gestores (DELMONICO *et al.*, 2018).

A partir desses levantamentos, é possível determinar estratégias para um bom gerenciamento, propondo procedimentos para minimização, segregação, acondicionamento, armazenamento interno e externo, transporte, tratamento e a disposição final do resíduo (KHOBRADE, 2019). A descrição desses procedimentos está presente no Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde (PGRSS), documento obrigatório segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305/2010, sendo exigido também pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) por meio da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 222/2018 e pela Resolução CONAMA 385/2005 (BRASIL, 2010, 2018).

As ações propostas pelo PGRSS dos estabelecimentos são fiscalizadas pelas Vigilâncias Sanitárias dos Estados, Municípios e do Distrito Federal, auxiliadas pelos Serviços de Saneamento e pelos Serviços de Limpeza Urbana, sendo que os próprios municípios podem promover algum tipo de serviço de coleta, tratamento, disposição de RSS (ANVISA, 2018).

A regulação do gerenciamento de RSS em Belo Horizonte, capital de Minas Gerais, é realizada pela Secretaria Municipal de Saúde (SMSA), por meio da Diretoria de Vigilância Sanitária, e pela Superintendência de Limpeza Urbana (SLU), por meio da avaliação dos PGRSS e de fiscalizações nos estabelecimentos geradores. A SMSA é responsável por fiscalizar os procedimentos internos, incluindo segregação, tratamento interno, acondicionamento, abrigo temporário e transporte interno. Já a SLU, após a aprovação da fase interna pela SMSA, faz a avaliação da fase externa, que contempla o armazenamento

externo, transporte e tratamento externo, além da disposição final dos RSS (BELO HORIZONTE, 2016).

Sendo assim, durante a regularização dos hospitais, as informações relativas ao gerenciamento de RSS, incluindo o quantitativo de geração, são informadas à Autarquia responsável pela limpeza urbana e à vigilância sanitária local, porém estes dados são avaliados individualmente por empreendimento. Logo, as informações consolidadas sobre o cenário de geração de RSS dos hospitais de Belo Horizonte ficam pouco acessíveis, como ocorre também para outros municípios, estados ou mesmo no contexto nacional.

Desse modo, espera-se que a compilação dos dados do gerenciamento dos RSS em hospitais de Belo Horizonte possa demonstrar o cenário de geração, as estratégias de armazenamento, tratamento, e disposição final dos resíduos de modo que estes dados permitam a gestores e analistas a buscarem um melhor gerenciamento de RSS.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar o gerenciamento dos resíduos de serviço de saúde dos hospitais do município de Belo Horizonte, por meio das informações reportadas em seus PGRSS enviados para análise da SLU.

2.2 Objetivos específicos

- Compilar as informações referentes a dados quantitativos sobre a geração de resíduos sólidos disponíveis no PGRSS dos hospitais de Belo Horizonte;
- Calcular a taxa de geração de RSS por leito dos hospitais de Belo Horizonte segundo sua classificação pela RDC nº 222/2018 (BRASIL, 2018);
- Comparar o cenário de geração de RSS de Belo Horizonte em relação ao Brasil e a outros países;
- Comparar a geração dos hospitais em relação às classificações propostas (porte, natureza e especialidade);
- Analisar as estruturas disponíveis nos hospitais para o armazenamento dos resíduos;
- Analisar as propostas de tratamento e destinação final para os resíduos gerados nos hospitais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Resíduos Sólidos no Brasil: conceito, classificação e panorama

Segundo a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os resíduos sólidos são definidos como:

[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível [...] (BRASIL, 2010).

A lei também classifica os resíduos em relação à sua origem, estes podendo ser: resíduos domiciliares; de limpeza urbana; de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços; dos serviços públicos de saneamento básico; industriais; de serviços de saúde; da construção civil; agrossilvopastoris; de serviços de transportes; de mineração (BRASIL, 2010).

Outra classificação relevante é em relação às características dos resíduos gerados, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da ABNT NBR 10.004 de 2004, propõe classificações aos resíduos de acordo com suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas (ABNT, 2004). De forma geral, a norma classifica os resíduos quanto ao seu risco ao meio ambiente e à saúde pública em:

- Classe I – Perigosos: são os resíduos que apresentam uma ou mais propriedades, como inflamabilidade, reatividade, toxicidade, corrosividade ou patogenicidade;
- Classe II – Não Perigosos.
- IIA – Não inertes: Podendo possuir características como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
- IIB – Inertes: Resíduos que, quando submetidos a um contato com água, em condições padrões, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações

superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Diante da diversidade de origens, percebe-se que a geração de resíduos é constante na atividade humana. Portanto, medidas devem ser adotadas para que os resíduos tenham uma destinação final ambientalmente adequada, a fim de evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e de minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010). Para tanto, é necessário que os gestores públicos responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos possuam dados representativos sobre a geração de resíduos (ABBASI *et al.*, 2013).

Contudo o panorama brasileiro se mostra preocupante, para a geração e a disposição final dos resíduos sólidos, inclusive sendo observadas divergências entre os principais canais de informação sobre o tema, especialmente devido às metodologias de coleta de dados adotadas.

A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), por meio de um relatório, que tem como base principalmente as informações cedidas pelas empresas responsáveis pela coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos, reporta que em 2018 a geração de RSU foi de 79 Mt (ABRELPE, 2019). Já os dados divulgados diretamente pelos municípios ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que em alguns casos, a falta de infraestrutura e capacitação dos gestores públicos podem influenciar na representatividade desses, informa que em 2018 foram gerados 62,7 Mt de RSU (SNIS, 2019).

O mesmo pode ser observado para a destinação final dos RSU: enquanto a ABRELPE informa que quase 60% dos resíduos são destinados para aterros sanitários, o SNIS apresenta uma proporção de 75% (ABRELPE, 2019; SNIS, 2019).

As diferenças evidenciam as dificuldades de gerenciamento de resíduos no país, devido ao potencial de causarem impactos negativos ao meio ambiente, quando incorretamente geridos, indicando que não se sabe ao certo a magnitude desse desafio no país.

3.2 Resíduos de Serviços de Saúde – RSS: conceito e classificação

A ANVISA, por meio da RDC nº 222/2018, Brasil (2018), regula o gerenciamento dos RSS e os define como resíduos gerados em estabelecimentos cujas atividades são relacionadas ao cuidado humano ou animal, como hospitais, veterinárias, clínicas, laboratórios dentre outros similares. Outra regulamentação, a nível federal, importante acerca dos RSS é a CONAMA nº 358/2005, que apresenta diretrizes sobre o tratamento e disposição final desta tipologia de resíduos (BRASIL, 2005).

A heterogeneidade da composição dos RSS nesses estabelecimentos levou à definição de uma classificação que agrupa os resíduos por suas características (Figura 3.1). Para o grupo de infectantes, os resíduos são também classificados em subgrupos, pela necessidade de execução de processos diferenciados (Figura 3.2).

Figura 3.1 – Quadro da classificação dos grupos de RSS segundo a ANVISA

Grupo	Descrição
A	Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características, podem apresentar risco de infecção.
B	Resíduos contendo produtos químicos que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.
C	Qualquer material que contenha radionuclídeo em quantidade superior aos níveis de dispensa especificados em norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.
D	Resíduos que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares.
E	Resíduos perfurocortantes ou escarificantes, tais como: lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, fios ortodônticos cortados, próteses bucais metálicas inutilizadas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas, tubos capilares, micropipetas, lâminas e lamínulas, espátulas e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri).

Fonte – Brasil (2018)

Figura 3.2 - Quadro da descrição dos Subgrupos dos resíduos infectantes

Subgrupo	Descrição
A1	<ul style="list-style-type: none"> - Culturas e estoques de micro-organismos; resíduos de fabricação de produtos biológicos, exceto os medicamentos hemoderivados; descarte de vacinas de microrganismos vivos, atenuados ou inativados; meios de cultura e instrumentais utilizados para transferência, inoculação ou mistura de culturas; resíduos de laboratórios de manipulação genética. - Resíduos resultantes da atividade de ensino e pesquisa ou atenção à saúde de indivíduos ou animais, com suspeita ou certeza de contaminação biológica por agentes classe de risco 4, microrganismos com relevância epidemiológica e risco de disseminação ou causador de doença emergente que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido. - Bolsas transfusionais contendo sangue ou hemocomponentes rejeitadas por contaminação ou por má conservação, ou com prazo de validade vencido, e aquelas oriundas de coleta incompleta. - Sobras de amostras de laboratório contendo sangue ou líquidos corpóreos, recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, contendo sangue ou líquidos corpóreos na forma livre.
A2	<ul style="list-style-type: none"> - Carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos, bem como suas forrações, e os cadáveres de animais suspeitos de serem portadores de microrganismos de relevância epidemiológica e com risco de disseminação, que foram submetidos ou não a estudo anatomopatológico ou confirmação diagnóstica.
A3	<ul style="list-style-type: none"> Peças anatômicas (membros) do ser humano; produto de fecundação sem sinais vitais, com peso menor que 500 gramas ou estatura menor que 25 centímetros ou idade gestacional menor que 20 semanas, que não tenham valor científico ou legal e não tenha havido requisição pelo paciente ou seus familiares.
A4	<ul style="list-style-type: none"> Kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores, quando descartados. - Filtros de ar e gases aspirados de área contaminada; membrana filtrante de equipamento médico-hospitalar e de pesquisa, entre outros similares, sobras de amostras de laboratório e seus recipientes contendo fezes, urina e secreções, provenientes de pacientes que não contenham e nem sejam suspeitos de conter agentes classe de risco 4, e nem apresentem relevância epidemiológica e risco de disseminação, ou microrganismo causador de doença emergente que se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido ou com suspeita de contaminação com prions. - Resíduos de tecido adiposo proveniente de lipoaspiração, lipoescultura ou outro procedimento de cirurgia plástica que gere este tipo de resíduo. - Recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, que não contenha sangue ou líquidos corpóreos na forma livre. - Peças anatômicas (órgãos e tecidos), incluindo a placenta, e outros resíduos provenientes de procedimentos cirúrgicos ou de estudos anatomopatológicos ou de confirmação diagnóstica; - Cadáveres, carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais não submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos. - Bolsas transfusionais vazias ou com volume residual pós transfusão.
A5	<ul style="list-style-type: none"> Órgãos, tecidos e fluidos orgânicos de alta infectividade para prions, de casos suspeitos ou confirmados, bem como quaisquer materiais resultantes da atenção à saúde de indivíduos ou animais, suspeitos ou confirmados, e que tiveram contato com órgãos, tecidos e fluidos de alta infectividade para prions. - Tecidos de alta infectividade para prions são aqueles assim definidos em documentos oficiais pelos órgãos sanitários competentes.

Fonte – Brasil (2018)

Propostas de classificação são essenciais para que seja possível implementar um correto manejo de resíduo, uma vez que são necessários cuidados diferentes para cada substância que entra em contato com os resíduos (JOSEPH; SELVAM; WONG, 2016; KHAN *et al.*, 2019). Entretanto, no Brasil, mesmo contando com a regulamentação sanitária, cerca de 36% dos RSS coletados são incorretamente destinados, considerando os resíduos dispostos em aterros controlados, vazadouros a céu aberto, valas sépticas e aqueles que são dispostos sem nenhum tratamento prévio (ABRELPE, 2020).

3.3 Gerenciamento dos RSS

A implementação de um gerenciamento de resíduos de serviço de saúde (GRSS) adequado, deve ser constituído por um conjunto de procedimentos, que tem como objetivo a minimização da geração de RSS, por meio de estratégias que devem priorizar a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, além da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a fim de se proporcionar a mitigação dos impactos negativos sobre o meio ambiente e a saúde pública (ASKARIAN; VAKILI; KABIR, 2004; BRASIL, 2010; CHENG *et al.*, 2009; RAZALI; ISHAK, 2010).

A implementação efetiva desses procedimentos, além de levar à melhora nas condições do GRSS, também assegura estratégias de redução de custos, levando em consideração aspectos estruturais e do perfil de geração de RSS do estabelecimento (MUTTERS *et al.*, 2016; UNGER; LANDIS, 2016). Além disso, a implementação do GRSS está ligada à gestão dos riscos ambientais, sanitários e ocupacionais relacionados diretamente no manejo dos resíduos, possibilitando assim, o controle e a redução de eventuais impactos negativos (BDOUR *et al.*, 2007).

As dificuldades do GRSS são consequência da característica complexa e heterogênea da produção de RSS (GOLBAZ; NABIZADEH; SAJADI, 2019). Aliado a isto, a crescente demanda de atendimento médico, pelo envelhecimento e o aumento da população, tendem a intensificar as dificuldades encontradas no GRSS, devido à elevação na taxa de geração de RSS (KHAN *et al.*, 2019; WINDFELD; BROOKS, 2015).

Outro fator influente no GRSS é a infraestrutura dos estabelecimentos de saúde, o que o torna um processo árduo para países como o Brasil, devido ao sistema de saúde precário e à falta de recursos. Consequentemente, tornando o GRSS um processo oneroso e de difícil adequação às normas, pela falta de estrutura física, condições inadequadas de trabalho, falta de qualificação e treinamento oferecidas aos profissionais que participam do manejo dos RSS (NOGUEIRA; CASTILHO, 2016).

Pode-se perceber que o gerenciamento inapropriado de RSS está, de forma geral, ligado às condições econômicas locais, por não prover recursos e suporte para os estabelecimentos de saúde (ANSARI *et al.*, 2019). Entretanto, mesmo com limitações financeiras, ainda é possível promover melhorias de gestão com treinamentos, capacitação e intervenções junto aos funcionários (FARZADKIA *et al.*, 2018; FURUKAWA; CUNHA; PEDREIRA, 2016).

3.3.1 Geração de Resíduos de Serviço de Saúde

O quantitativo de RSS em estabelecimentos de saúde é de grande interesse para gestores, por ser um aspecto essencial para a implementação de um GRSS adequado (WINDFELD; BROOKS, 2015). Para tanto, é necessário obter informações representativas do quantitativo e da composição dos resíduos gerados (TESFAHUN; KUMIE; BEYENE, 2016). Esta caracterização dos RSS pode ser utilizada nas fases de planejamento, operação e otimização de um sistema de gestão de resíduos (GOLBAZ; NABIZADEH; SAJADI, 2019).

No entanto, o monitoramento da geração de resíduos não é usual em muitos hospitais (KHAN *et al.*, 2019; OLIVEIRA; VIANA; CASTAÑON, 2018). Em muitos casos, isso se deve à falta de recursos para a criação de uma base de dados apropriada (SENGUPTA; AGRAHARI, 2017). Este problema pode ser encontrado em muitos países em desenvolvimento, como o caso do Brasil, em que há informações escassas sobre o gerenciamento de RSS (FARZADKIA *et al.*, 2018).

De forma geral, nos países em desenvolvimento, a geração de RSS tem aumentado nos últimos anos, com a melhora e expansão dos atendimentos de saúde, possibilitando que um número ainda maior de pessoas possa receber atenção médica (WINDFELD; BROOKS,

2015). Uma implicação da melhora dos serviços de saúde é a procura de uma maior segurança à saúde durante as atividades exercidas, com a utilização de materiais descartáveis, de uso único, logo, aumentando a geração de RSS (ANSARI *et al.*, 2019; FARZADKIA *et al.*, 2018).

Outro aspecto dos RSS de grande importância para o GRSS é a sua composição, que são entre 75 a 90% similares ao resíduo doméstico, enquanto o restante pode ser considerado perigoso e necessita de um tratamento ou destinação específica a fim de reduzir danos à saúde ao meio ambiente (ELEYAN; AL-KHATIB; GARFIELD, 2013). Em consonância, a Organização Mundial de Saúde (OMS) considera que 15% dos RSS podem ser considerados como perigosos, enquanto o restante possui características similares ao resíduo doméstico (AWAD; OBEIDAT; AL-SHAREEF, 2004). A variação na composição, muitas vezes, está ligada ao tipo de serviço que é prestado pelo estabelecimento (TESFAHUN; KUMIE; BEYENE, 2016).

A nível municipal, considerando todos os geradores de RSS, a composição para Belo Horizonte foi apresentada no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte (PMGIRS-BH) (Tabela 3.1). Pode-se observar que para os resíduos considerados potencialmente perigosos, Grupo A, B e E, eles representam cerca de 30% dos RSS gerados. A elevada proporção desses resíduos pode ser relacionada à variação na composição e no quantitativo dos resíduos gerados nos diferentes estabelecimentos de saúde encontrados no município.

Tabela 3.1 – Estimativa da composição dos RSS gerados em Belo Horizonte

Grupo	Composição (%)
A	23,85
B	1,15
C	Não estimado
D	70,18
E	4,82

Fonte – Belo Horizonte (2017)

Dentre os fatores que influenciam na variação da geração e da composição dos RSS em hospitais, destacam-se: número de pacientes, número de pacientes liberados, número de leitos, especialização do hospital; capacitação dos funcionários; número de funcionários; natureza do estabelecimento (público, privado, filantrópico); número de departamentos; situação cultural e econômica do local (AWAD; OBEIDAT; AL-SHAREEF, 2004; DELMONICO *et al.*, 2018; GOLBAZ; NABIZADEH; SAJADI, 2019; KHAN *et al.*, 2019; OLI *et al.*, 2016; TABASI; MARTHANDAN, 2013; TESFAHUN; KUMIE; BEYENE, 2016).

Nesse contexto, torna-se necessário e desafiador estabelecer uma métrica na qual a geração de RSS, por tipologia dos resíduos, será avaliada para possibilitar análises comparativas e troca de informações entre geradores de forma representativa. A partir desse tipo de análise, pode-se tomar decisões gerenciais para efetividade do GRSS (DIAZ *et al.*, 2008; WINDFELD; BROOKS, 2015). Segundo Moreira; Günther (2013), estudos sobre a geração de resíduos em estabelecimentos de saúde, em geral, apresentam resultados variados e não convergentes, possivelmente por não considerarem essas importantes variáveis que interferem na geração de RSS.

Uma forma de se aproximar a geração da realidade do local é a utilização de métricas que relacionem a geração de resíduos com aspectos do estabelecimento de estudo (MOREIRA; GÜNTHER, 2013). A métrica mais utilizada como informação da geração de RSS em hospitais é o quilograma por leito por dia ($\text{kg.leito}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) (MMEREKI *et al.*, 2017). O uso desta unidade deve-se à tentativa de ajustar a diferença no quantitativo de resíduos que é gerado nos diferentes tipos de atendimentos realizados com um paciente, que pode precisar ocupar um leito por uma questão de dias ou de horas (WINDFELD; BROOKS, 2015). Porém, essa métrica não reflete a relação da geração dos RSS com os procedimentos realizados no hospital e também não indica onde está sendo gerado aquela determinada quantidade de resíduos (MOREIRA; GÜNTHER, 2013).

Outras métricas encontradas na literatura, ainda que mais gerais, são a relação da geração de RSS pelo número de pacientes ($\text{kg.paciente}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) ou até pelo número de funcionários

(kg.funcionário⁻¹.dia⁻¹) (VALÉRIO; CASTANHEIRA, 2013). Por outro lado, alguns estudos como o de Askarian; Heidarpoor; Assadian (2010), e Moreira e Günther (2013) conseguiram apresentar essa informação de forma mais específica, com o uso da taxa de kg.leito.ocupado⁻¹.dia⁻¹, e kg.procedimetos⁻¹ em áreas críticas.

3.3.2 Segregação

A prática de segregação consiste na separação dos resíduos conforme a sua classificação. Esta prática é fundamental para um sistema de gestão de resíduos adequado. Destaca-se que a segregação deve ser realizada na fonte de geração, o que depende de treinamento e capacitação dos funcionários que realizam o serviço de atendimento de saúde (ANVISA, 2018). Além de reduzir a quantidade de resíduos perigosos, a segregação adequada reduz os riscos à saúde pública e ao meio ambiente, com o encaminhamento dos resíduos para o tratamento e/ou destinação seguindo as recomendações sanitárias de acordo com a sua classificação (BRASIL, 2018; FARZADKIA *et al.*, 2018).

A segregação inadequada leva a diversas implicações, além do aumento do gasto no manejo dos resíduos, também aumenta o risco dos funcionários e visitantes dos hospitais entrarem em contato com materiais potencialmente perigosos (WINDFELD; BROOKS, 2015). Casos de má segregação são comuns no Brasil e em outros países do mundo, principalmente naqueles que possuem condições econômicas menos favoráveis. Estes países usualmente não possuem legislações claras e restritas, para a implementação da segregação da forma mais adequada e não conseguem propor estratégias de fiscalização que permitam avaliar a aplicação das normas sanitárias (ANSARI *et al.*, 2019; HASSAN; TUDOR; VACCARI, 2018; KHAN *et al.*, 2019; MACEDO; OLIVEIRA, 2020; MESSAGE, 2019).

A fim de se evitar a má segregação, a RDC nº 222/2018, Brasil (2018), apresenta diretrizes para que os coletores — lixeiras ou recipientes de acondicionamento — sejam identificados de forma clara e rápida pela utilização de símbolos, cores e frases indicando os grupos de RSS, promovendo uma maior eficiência da segregação (ALMUNEEF; MEMISH, 2003; ANVISA, 2018). Porém, em muitos casos a legislação não é seguida, em razão da falta de

recursos, descaso ou desconhecimento das exigências das normas vigentes (KHAN *et al.*, 2019).

Dessa forma, para melhorar a eficiência da segregação, torna-se necessária implementação de treinamentos e outras formas de conscientização para profissionais da saúde, por serem os responsáveis pela segregação na fonte de geração (GOLBAZ; NABIZADEH; SAJADI, 2019; MESSAGE, 2019). Treinamentos de curto período, para profissionais envolvidos no manejo direto dos RSS, pode demonstrar a importância do GRSS e como é possível reduzir os riscos à saúde desses seguindo os protocolos de segregação adequados (JOSEPH; SELVAM; WONG, 2016; KHAN *et al.*, 2019).




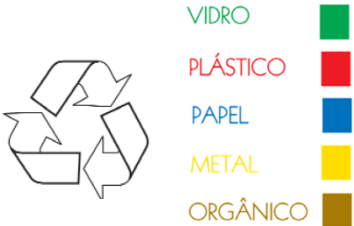

Além disso, uma segregação bem conduzida permite a prática de reciclagem, visto que, na composição de RSS, há uma grande presença de materiais recicláveis, principalmente plástico e papel. A disponibilização de coletor dedicado aos materiais recicláveis, e corretamente identificados, em ambientes de comum acesso, incluindo assim a participação de pacientes e visitantes, pode aumentar a quantidade de resíduos sendo encaminhados para reciclagem (VACCARI *et al.*, 2017).

3.3.3 Acondicionamento

O processo de segregação permite, também, que cada resíduo seja acondicionado — embalados em sacos ou recipientes — conforme suas características (BRASIL, 2018). Este processo, em conjunto com a segregação correta, reduz riscos à saúde e ao meio ambiente, evita a contaminação de resíduos comuns por resíduos potencialmente perigosos e reduz gastos com o tratamento de resíduos (ANVISA, 2018).

Os recipientes ou embalagens usadas para acondicionar os resíduos devem estar identificados, de modo que seja possível reconhecer os resíduos contidos no recipiente (Figura 3.3).

Figura 3.3 – Quadro da Simbologia dos Resíduos de Serviço de Saúde

Grupo	Descrição	Simbologia
A	Identificado, no mínimo, pelo símbolo de risco biológico, com rótulo de fundo branco, desenho e contornos pretos, acrescido da expressão “RESÍDUO INFECTANTE”.	 RESÍDUO INFECTANTE
B	Identificado por meio de símbolo e frase de risco associado à periculosidade do resíduo químico.	
C	Representado pelo símbolo internacional de presença de radiação ionizante (trifólio de cor magenta ou púrpura) em rótulo de fundo amarelo, acrescido da expressão “MATERIAL RADIOATIVO”, “REJEITO RADIOATIVO ou RADIOATIVO”.	 REJEITO RADIOATIVO
D	Identificado conforme definido pelo órgão de limpeza urbana.	
E	Identificado pelo símbolo de risco biológico, com rótulo de fundo branco, desenho e contorno preto, acrescido da inscrição de “RESÍDUO PERFUROCORTE”.	 RESÍDUO PERFUROCORTE PERFUROCORTE

Fonte – Adaptado de Brasil (2018); FEAM (2008).

3.3.4 Armazenamento Temporário e Externo

Após o acondicionamento, os resíduos são transportados para abrigos temporários, dependendo do porte do estabelecimento, em um local próximo ao ponto de geração, permitindo a estocagem segura dos resíduos e facilitando a coleta e deslocamento para o abrigo externo (ANVISA, 2018; BRASIL, 2018).

As condições dos abrigos externos, local de acondicionamento dos recipientes coletores em ambiente com acesso simplificado para coleta de resíduos, dependem das características dos resíduos que estão sendo armazenados, portanto, cada grupo de RSS deve possuir um abrigo próprio, sendo que os resíduos do Grupo E podem ser armazenados em conjunto aos do Grupo A (Figura 3.4) (BRASIL, 2018).

Figura 3.4 – Representação de um abrigo externo de RSS



Fonte – FEAM (2008)

Porém, algumas características do abrigo externo são exigidas independentemente do resíduo sendo acondicionado no local, entre elas pode-se destacar: o abrigo deve ser dimensionado de forma que suporte o volume de resíduos gerados e de acordo com a periodicidade de coleta, considerando a ausência de uma coleta regular; deve permitir fácil acesso às operações do transporte interno e para coleta por veículos; deve ser construído de material resistente, lavável e de fácil higienização, possuir abertura para ventilação e tela para proteção contra entrada de vetores; apresentar identificação conforme os grupos de RSS armazenados; entre outras (ANVISA, 2018).

Para a construção desses locais de armazenamentos, no caso de Belo Horizonte, a Portaria SLU N° 022, de 11 de fevereiro de 2020, conforme a RDC n° 222/2018, estabelece diretrizes para os abrigos de resíduos dos Grupos A, D e E (BELO HORIZONTE, 2016; BRASIL, 2018). Entre os aspectos construtivos necessários estão: ser construído em alvenaria, fechado, coberto, permitindo ventilação; dispor de ponto de luz e interruptor para iluminação artificial interna e externa; ser dotado de ponto de água; possuir canaletas de escoamento de águas servidas direcionadas para a rede de esgoto; entre outras características (SLU, 2020).

Apesar da importância dos abrigos bem dimensionados conforme a geração de cada grupo dos RSS e de sua manutenção, alguns hospitais não conseguem promover a correta higienização, ou até mesmo criarem abrigos externos, chegando a manter os resíduos na entrada do estabelecimento à espera da coleta (ASKARIAN; VAKILI; KABIR, 2004; KHAN *et al.*, 2019; SENGUPTA; AGRAHARI, 2017). Os desafios que envolvem a disponibilização de um abrigo adequado podem ser relacionados às dificuldades de se obter recursos, além da estrutura do hospital ser antiga, não permitindo assim, o espaço físico necessário (ASKARIAN; VAKILI; KABIR, 2004).

3.3.5 *Tratamento e Destinação Final*

O tratamento dos resíduos permite propor métodos que procuram assegurar a mitigação dos impactos ambientais negativos que a disposição dos RSS pode causar, principalmente, para aqueles classificados como resíduos perigosos (BRASIL, 2005, 2010).

Portanto, estas etapas se tornam essenciais para o GRSS, apresentando como base a segregação dos RSS no ponto de geração, que posteriormente podem ser transportados para um local adequado, seja ele interno ou externo ao estabelecimento, em que possa ser tratado ou disposto seguindo as legislações vigentes (KHAN *et al.*, 2019; WINDFELD; BROOKS, 2015).

Diante disso, para cada grupo de resíduos, deve-se buscar o tratamento mais adequado de acordo com a demanda de cada estabelecimento. Para isto, é necessário fazer uma análise comparativa dos métodos possíveis, considerando as regulamentações vigentes, facilidade de

operação, necessidade de mão de obra qualificada, riscos ocupacionais e ambientais, custos, entre outros (FEAM, 2008; JOSEPH; SELVAM; WONG, 2016).

Embora a RDC nº 222/2018, Brasil (2018), apresente a incineração como método de tratamento para o Subgrupo A5, para os demais subgrupos não são apresentados o método que deve ser seguido, permitindo assim, que cada estabelecimento tenha a autonomia na escolha do tratamento que o atenda, desde que a técnica definida respeite as diretrizes preconizadas na legislação (Figura 3.5).

Figura 3.5 – Quadro das diretrizes para o tratamento de cada grupo de RSS

Grupo de RSS		Diretriz para o tratamento
A	A1	Devem ser submetidos a tratamento em equipamentos que reduzam ou eliminem a carga microbiana compatível com nível III de inativação microbiana ¹ .
	A2	Devem ser submetidos a tratamento em equipamentos que reduzam ou eliminem a carga microbiana compatível com nível III de inativação microbiana.
	A3	Devem ser destinados para sepultamento, cremação, incineração ou outra destinação licenciada pelo órgão ambiental competente.
	A4	Não necessitam de tratamento.
	A5	Devem ser encaminhados para tratamento por incineração.
B		Devem ser submetidos a tratamento ou disposição final específicos, quando não forem submetidos a processo de reutilização, recuperação ou reciclagem.
C		Devem ser armazenados em condições adequadas, para o decaimento do elemento radioativo.
D		Quando possível, devem ser encaminhados para reutilização, recuperação, reciclagem, compostagem, logística reversa ou aproveitamento energético.
E		Devem ter seu manejo de acordo com cada classe de risco associada.

Fonte – Brasil (2005, 2018)

¹ processo físico ou outros processos para a redução ou eliminação da carga microbiana, tendo como resultado a inativação de bactérias vegetativas, fungos, vírus lipofílicos e hidrofílicos, parasitas e microbactérias com redução igual ou maior que 6Log10, e inativação de esporos do *B. stearothermophilus* ou de esporos do *B. subtilis* com redução igual ou maior que 4Log10 (BRASIL, 2018).

Existem várias técnicas para o tratamento dos RSS, entre as quais algumas são mais recorrentes (Figura 3.6). No Brasil, segundo a ABRELPE (2020), o método mais utilizado é a incineração, abrangendo 40% dos RSS tratados. Ressalta-se que para os resíduos do subgrupo A4 não há exigência de tratamento, entretanto estes, usualmente, são encaminhados para tratamento junto aos demais resíduos do Grupo A (ADUAN *et al.*, 2014). Esses resíduos poderiam ser encaminhados diretamente para um aterro sanitário evitando gastos e possíveis impactos ambientais gerados durante o tratamento de resíduos como a emissão de poluentes atmosféricos durante a incineração (AMENGOL; CASTRO, 2019; RIZAN *et al.*, 2021).

Figura 3.6 – Quadro dos métodos convencionais de tratamento/destinação dos RSS

Método	Descrição	Aplicação para os grupos/subgrupos
Autoclavagem	Tratamento que consiste em manter o material contaminado em contato com vapor de água, a uma temperatura elevada, durante período suficiente para destruir potenciais agentes patogênicos ou reduzi-los a um nível que não constitua risco.	A1, A2, A4, E.
Micro-ondas	É uma tecnologia relativamente recente de tratamento de resíduo de serviços de saúde e consiste na descontaminação dos resíduos com emissão de ondas de alta ou de baixa frequência, a uma temperatura elevada (entre 95 e 105°C).	A1, A2, A4,E.
Incineração	Processo físico-químico de oxidação a temperaturas elevadas que resulta na transformação de materiais com redução de volume dos resíduos, destruição de matéria orgânica, em especial de organismos patogênicos.	A1, A2, A3, A4 A5, B, E.
Reciclagem	Processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos.	B ¹ , D.
Aterro Sanitário	Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.	A1 ² ,A4, D.

Método	Descrição	Aplicação para os grupos/subgrupos
Aterro Classe I	Local de disposição final de resíduos perigosos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública, minimizando os impactos ambientais e utilizando procedimentos específicos de engenharia para o confinamento destes;	A1 ² , A2 ² , A3 ² , A4 ² , A5 ² , B, E ² .

Legenda: ¹ = após tratamento prévio; ² = após incineração.

Fonte – ABNT (1992), ANVISA (2006) e Brasil (2010, 2018)

Para os resíduos infectantes, classificados com o risco dos agentes biológicos de classe 3 e 4, estes devem ser tratados na unidade de geração e, uma vez que a inativação microbiana seja validada, este resíduo poderia ser destinado para um aterro sanitário sem nenhum tratamento posterior (ANVISA, 2018; BRASIL, 2018). Entretanto, apesar das normas ambientais e sanitárias, como a Resolução CONAMA nº 358/2005 e a RDC nº 222/2018, permitirem essa estratégia há a falta de oferta de serviços que aceitem esse tipo de resíduo, como é o demonstrado para o estado de Minas Gerais, em que no ano de 2014, apenas um município encaminhava os RSS para aterro sanitário (BRASIL, 2005, 2018; FEAM, 2018).

Após o tratamento interno, quando aplicável, o resíduo ainda pode passar por algum outro tipo de tratamento, para redução de sua periculosidade ou de volume, e posteriormente devem ser dispostos, seguindo suas características, em aterros sanitários, ou em aterros de Classe I para os rejeitos químicos e as cinzas e escórias resultante da incineração (ANVISA, 2018).

3.4 Riscos Ambientais e à Saúde associados aos RSS

Os RSS geram uma grande preocupação aos seus gestores, aos órgãos fiscalizadores e a vigilância sanitária em virtude de seu potencial para disseminar patógenos e emitir compostos perigosos, como químicos tóxicos e também rejeitos radioativos ao meio ambiente (GHASEMI *et al.*, 2018). Portanto, é essencial que seja identificado o potencial poluidor e de disseminação de doenças, em decorrência das atividades realizadas em um estabelecimento de saúde para que estratégias de mitigação sejam implementadas de forma apropriada (ECKELMAN; SHERMAN, 2016).

Estes resíduos apresentam um grande risco aos profissionais de saúde que os manuseiam, devendo-se ter atenção em todas as fases de manejo, da segregação até a disposição final. Destaca-se que acidentes estão principalmente vinculados a falhas no acondicionamento e segregação de materiais perfurocortantes, o que pode ser reduzido com treinamentos junto aos funcionários (ANVISA, 2006; BABANYARA *et al.*, 2013).

Dentre os resíduos perigosos gerados nos RSS, a fração mais preocupante é a potencialmente infecciosa, porém este é, proporcionalmente, pouco gerado em estabelecimentos de saúde. (KHAN *et al.*, 2019; KUMAR; SOMRONGTHONG; SHAIKH, 2015). Portanto, a fim de se reduzir o risco potencial à saúde e ao meio ambiente, e mitigar os seus impactos na disposição final, estabelecimentos devem buscar a implementação de um GRSS adequado (MAHMOOD *et al.*, 2018).

Uma forma adotada para se tratar os resíduos perigosos e que é a única alternativa em alguns casos, é a incineração, a qual pode produzir diversos compostos tóxicos durante o tratamento, que permanecem por períodos prolongados no meio ambiente, levando a problemas de saúde e ambientais (ANSARI *et al.*, 2019; INSA; ZAMORANO; LÓPEZ, 2010; (ANSARI *et al.*, 2019; BRASIL, 2018; INSA; ZAMORANO; LÓPEZ, 2010). Dentre os compostos tóxicos potencialmente liberados, destacam-se as dioxinas, furanos e o mercúrio (BOURTSALAS; THEMELIS, 2019; ASHWORTH; ELLIOTT; TOLEDANO, 2014; CIPLAK, 2013; SCHUHMACHER *et al.*, 2014; YASIR, 2017).

Porém, quando os estabelecimentos não dispõem de locais para incinerar ou aplicar uma outra técnica para tratar os resíduos, estes acabam sendo dispostos no solo de forma inadequada, em muitos casos (AYDIN, 2016; DE; DEBNATH, 2016). Este tipo de disposição, potencializa os impactos de todos os resíduos que compõem o RSS, não somente os perigosos, podendo levar a poluição de águas superficiais e subterrâneas, emissão de poluentes atmosféricos, contaminação do solo, entre outros impactos ambientais negativos significativos (KHAN *et al.*, 2019).

3.5 Plano de Gerenciamento dos Resíduos de Serviço de Saúde

Finalmente, após a definição das ações referentes à geração, identificação, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, destinação e disposição final dos RSS, elas devem ser compiladas por meio do PGRSS, indicando as diretrizes de manejo dos RSS (BRASIL, 2018).

Entretanto, ressalta-se que a elaboração é apenas uma etapa em busca de um gerenciamento de RSS adequado, é necessário a implementação do plano e a aplicação de treinamento com todos os funcionários envolvidos no manejo de resíduos. Uma implementação feita de forma inadequada leva ao desconhecimento, por parte dos funcionários, dos procedimentos e diretrizes presentes no PGRSS (BARROS *et al.*, 2020). Além disso, o documento deve ser avaliado por órgãos reguladores para assegurar, minimamente, a qualidade e veracidade das informações presentes no mesmo.

No caso do município de Belo Horizonte, os RSS são regulados pela SMSA e pela SLU por meio da avaliação dos PGRSS e de visitas nos estabelecimentos geradores. A SMSA é responsável por fiscalizar a fase de intra-estabelecimento, já a SLU, após a aprovação da fase interna pela SMSA, faz a avaliação da fase extra estabelecimento (BELO HORIZONTE, 2016).

Esta análise do PGRSS de cada estabelecimento de saúde auxilia no direcionamento de ações tomadas pelos geradores. Possibilita ainda a análise dos controles sanitários e ambientais referentes ao GRSS, da segurança aos profissionais de saúde, pacientes e comunidade, além de dar suporte aos gestores desses locais (ZAMONER, 2008).

3.6 Geração de RSS em Hospitais

Diante do grande quantitativo e da complexidade de sua composição, os RSS gerados em hospitais precisam de métricas que possibilitem tanto sua avaliação dentro do estabelecimento, bem como sua avaliação entre empreendimentos similares. Para tanto, se faz necessário propor formas em que se leve em consideração as características do

estabelecimento (MESSAGE, 2019; MINOGLU; KOMILIS, 2018; MOREIRA; GÜNTHER, 2013; PATWARY *et al.*, 2009).

A implementação de métricas e a avaliação da geração em comparação com outros hospitais é dificultada, uma vez que o tema é ainda pouco difundido na literatura. Desse modo, poucos diagnósticos de geração de resíduos, entre hospitais, estão disponíveis. Muitos estudos em hospitais, de forma geral, buscam avaliar qualitativamente, o gerenciamento dos RSS e deixam de focar na geração (DELMONICO *et al.*, 2018; KOPP; ARAUJO; FIGUEIREDO, 2013; ROSA, 2016; SPINDOLA; MOURA, 2017).

3.6.1 Geração de RSS em relação aos leitos

Apesar da relação entre a quantidade de RSS e número de leitos ser bastante usada para avaliação de resíduos gerados em hospitais, ainda existem poucos estudos brasileiros que conseguiram coletar informações de vários hospitais como o de Silva *et al.* (2005), que considerou 21 hospitais em sua pesquisa, dificultando assim, o entendimento do cenário brasileiro em relação a geração de RSS. Segundo Ribeiro; Neves; Mol (2020), em um artigo de revisão na literatura, considerando 140 hospitais, a estimativa de geração de RSS no Brasil, é de $2,97 \text{ kg.leito}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, sendo que para a região de estudo, a região Sudeste, a geração foi de $3,16 \text{ kg.leito}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, valor bruto pouco superior à média nacional.

A especialidade dos hospitais também deve ser levada em consideração, por ser um fator que influencia na geração de resíduos. Para os Hospitais Gerais, a taxa obtida foi de 2,82; Hospitais de Alta Complexidade 2,88 e para Maternidade $4,23 \text{ kg.leito}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.

Dos resíduos que podem ser considerados perigosos, o Grupo A (infectantes) é o que representa o maior quantitativo em relação aos demais. Ainda no estudo de Ribeiro, Neves e Mol (2020), foi estimado que, no Brasil, cerca de 21% do total de resíduos gerados são considerados como infectantes pelos hospitais. Esta geração varia de acordo com a especialidade: em Hospitais Gerais, a geração é de 0,95; Hospitais de Alta Complexidade 0,88; Hospitais Maternidade $1,28 \text{ kg.leito}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.

3.6.2 Geração de RSS em relação a outras métricas

Como apresentado anteriormente, diversos fatores relacionados ao hospital podem influenciar na geração de RSS. Outras métricas podem ser utilizadas para a análise e compreensão da geração de resíduos, como a relação de RSS por área construída, por número de funcionário e número de pacientes.

A taxa por pacientes, para os estudos encontrados, demonstrou valores similares à taxa por leitos. Para estes estudos, a geração variou entre 2,81 e 5,32 kg/paciente.dia. Diante da dificuldade de apresentar dados sobre cada grupo de RSS, conforme preconizado pela ANVISA, Kopp; Araujo; Figueiredo (2013) apresentou a taxa considerando todos os resíduos infectantes, somando os Grupos A e E obtiveram um valor de 1,96 kg.paciente⁻¹dia⁻¹ representando 36% do total gerado. Por outro lado, Message (2019) e Schneider (2004) conseguiram um detalhamento maior dos RSS gerados em hospitais (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Taxa de geração de RSS por paciente, de dados encontrados na literatura

Grupo	Geração de RSS (kg.paciente ⁻¹ dia ⁻¹)	
	Message (2019)	Schneider (2004)
A	0,47	1,74
B	0,01	NI
C	NI	NI
D	2,26	2,67
Drec	NI	0,82
E	0,07	NI

Legenda: NI: Não informado; Drec = Resíduos comuns recicláveis

Fonte – O autor (2021)

Já para a relação de geração de RSS com o número de funcionários, conforme demonstrado por Golbaz; Nabizadeh; Sajadi (2019) influencia significativamente na variação de geração de RSS em hospitais, observou-se taxas mais baixas em relação a métrica por leitos e pacientes (Tabela 3.3). Contudo, uma grande amplitude foi identificada para os estudos encontrados, o que pode ser associado ao alto número de funcionários no hospital estudado por Campos (2015) em relação aos demais.

Tabela 3.3 – Taxa de geração de RSS em relação ao número de funcionários, de dados encontrados na literatura

Grupo	Geração de RSS (kg,funcionário ⁻¹ .dia ⁻¹)			
	Campos (2015)	Message (2019)	Schneider (2004)	Pugliesi (2010)
A	0,143	0,166	0,404	0,119
B	0,002	0,004	NI	NI
C	NI	NI	NI	NI
D	0,342	0,920	0,615	0,422
Drec	NI	NI	0,182	NI
E	0,024	0,027	NI	0,012

Legenda: NI: Não informado; Drec = Resíduos comuns recicláveis

Fonte – O autor (2021)

Por fim, a taxa em relação a área construída está ligada ao porte do hospital e apresentou a menores valores, entre todas as métricas analisadas. A taxa encontrada para a geração total de RSS ficou entre 0,010 e 0,202 kg.m⁻².dia⁻¹. Como os mesmos estudos foram utilizados para o levantamento, a relação de infectante e resíduos perigosos permanece a mesma (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 – Taxa de geração de RSS em relação a área construída, de dados encontrados na literatura

Grupo	Geração de RSS (kg.m ⁻² .dia ⁻¹)				
	Campos (2015)	Luczynski <i>et al.</i> , (2016)	Message (2019)	Schneider (2004)	Pugliesi (2010)
A	0,004	0,022	0,007	0,019	0,004
B	0,000	NI	0,000	NI	NI
C	NI	NI	NI	NI	NI
D	0,009	0,012	0,037	0,029	0,014
Drec	NI	NI	NI	0,008	NI
E	0,001	NI	0,001	NI	0,000

Legenda: NI: Não informado; Drec = Resíduos comuns recicláveis

Fonte – O autor (2021)

Como apresentado anteriormente, diversos fatores relacionados ao hospital podem influenciar na geração de RSS e, conseqüentemente, em suas respectivas taxas, sendo que deve-se avaliar qual delas vai representar melhor a realidade de determinados tipos de estabelecimento, de acordo com suas especificidades.

4 METODOLOGIA

4.1 Coleta de dados

A SLU, até novembro de 2020, recebeu, para análise, 51 PGRSS de hospitais localizados no município de Belo Horizonte. No presente trabalho, foram coletadas as informações, disponibilizadas nestes PGRSS, referentes às características da infraestrutura (número de leitos, número de atendimentos, área dos abrigos para resíduos infectantes e comuns), aos serviços prestados, os dados de geração, conforme a classificação da RDC nº 222/2018, e as informações sobre o transporte, tratamento e destinação final dos RSS (BRASIL,2018).

Destaca-se que, por não ser um item obrigatório, as informações sobre número de leitos e de pacientes não foram apresentadas por todos os hospitais. Os hospitais não foram identificados pelos nomes, para avaliação individual foi criado o código H-XX, sendo “XX” uma variação número de 01 até 51.

4.2 Padronização dos dados coletados

Foram adotadas as classificações para os hospitais demonstradas na Figura 4.1, permitindo assim considerar as características dos estabelecimentos na avaliação do gerenciamento de resíduos proposto. Esta classificação foi proposta de acordo com a sua administração (pública, privada ou filantrópica); o seu porte segundo a Secretária de Saúde de Minas Gerais (2020); e a especialidade, conforme a classificação proposta por Costa *et al.*, (2019).

Figura 4.1 – Quadro das classificações propostas para os hospitais

Característica	Classificação	Descrição
Porte	Pequeno	Capacidade normal ou de operação de até 50 leitos
	Médio	Capacidade normal ou de operação de 51 a 150 leitos
	Grande	Capacidade normal ou de operação de 151 a 500 leitos
	Capacidade extra	Capacidade normal ou de operação acima de 500 leitos

Característica	Classificação	Descrição
Especialidade	G	Atividades gerais: associadas a hospitais que oferecem unidade de terapia intensiva (UTI), clínica médica e posto de primeiros socorros, com menos de 150 leitos.
	M	Maternidade: hospitais com apenas essa atividade.
	BC	Atividades de baixa complexidade: com atividades são consideradas menos complexas, como pediatria, psiquiatria, ortopedia ou estética.
	AC	Atividades de alta complexidade: hospitais com mais de 150 leitos, com tratamentos de urgência e terapia intensiva, saúde geral e atividades similares.

Fonte – O autor (2021)

Para tornar possível uma análise de dados padronizada com outros estudos da literatura, optou-se por padronizar a unidade de geração de RSS para $\text{kg}\cdot\text{dia}^{-1}$. Porém, a unidade informada no PGRSS permitia apenas o cálculo em litro/dia. Portanto, utilizou-se a densidade sugerida por Belo Horizonte (2011) e Da Silva *et al.*, (2005) para cada grupo de RSS, como listado a seguir: Grupos A, B e C como $100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, Grupo D como $150 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ e Grupo E como $200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

A fim de avaliar a geração em relação às características dos hospitais que podem influenciá-la, e que permita a comparação com outros estudos já consolidados, foram estimadas taxas de geração em relação a duas métricas distintas: número de leitos total e média diária de pacientes.

Para isto, calculou-se a relação $\text{kg}\cdot\text{dia}^{-1}$ dividida pelas métricas escolhidas, e dessa forma, estabelecendo taxas de geração para cada estabelecimento que informou a respectiva métrica no PGRSS. Para o cálculo da composição de acordo com a classificação da RDC nº 222/2018, foi considerado a geração total, e não as taxas, em relação a cada grupo de resíduos, pois dessa forma foi possível considerar todos os hospitais mesmo aquele que não apresentaram a informação do número de leitos ou de pacientes (BRASIL, 2018).

Além disso, os RSS foram classificados em perigosos e não perigosos segundo a ABNT NBR 10.004 também para se obter uma análise comparativa a estudos internacionais (ABNT, 2004; TESFAHUN; KUMIE; BEYENE, 2016).

4.3 Análise dos dados

Os dados de geração e do dimensionamento dos abrigos externos de resíduos de RSS de todos os hospitais foram compilados em uma planilha, possibilitando gerar uma estatística descritiva, incluindo número amostral, média, desvio padrão, mediana, limites inferior e superior (calculados por *bootstrap*), valores máximo e mínimo.

A categorização dos estabelecimentos foi utilizada para as comparações das taxas geradas por meio do teste estatístico não paramétrico devido às características de distribuição não normal dos dados. Utilizaram-se os testes Kruskal-Wallis com post-hoc em Nemenyi, para comparações múltiplas, buscando identificar diferenças entre os valores obtidos segundo as características do estabelecimento. Para execução dos testes foi adotado um nível de significância de 5% ($\alpha = 0.05$) no software R 4.0.1.

Apesar da distribuição não paramétrica dos dados, em que a mediana representaria os dados de forma mais adequada, optou-se pelo uso da média da geração em todas as análises realizadas a fim de permitir a comparação dos resultados encontrados com estudos da literatura como o valor é usualmente apresentado pela média e não pela mediana.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Taxa de geração dos RSS dos hospitais de Belo Horizonte

A geração média de resíduos entre os hospitais estudados foi de 7,16 [6,12 – 8,23]² kg.leito⁻¹.dia⁻¹, para os 48 hospitais que informaram o número de leitos no PGRSS (Tabela 5.1). Esta taxa está acima da média para América Latina (4,50), Brasil (2,97 [2,57 – 3,42]) e da média para a região Sudeste brasileira (3,16 [2,36 – 3,99]) valores em kg.leito⁻¹.dia⁻¹ (OPAS, 1997; RIBEIRO; NEVES; MOL, 2020). A geração estimada para os hospitais de Belo Horizonte, portanto, se assemelha ao reportado para hospitais da América do Norte, cuja taxa de geração varia entre 7 e 10 kg.leito⁻¹.dia⁻¹ (WHO, 2015).

Tabela 5.1 – Descritivo da geração de RSS dos hospitais de Belo Horizonte

Unidade	Classificação	n	Média	D.P.	Mín.	Mediana	Máx.
kg.leito ⁻¹ .dia ⁻¹	Perigoso	48	1,24	0,76	0,02	1,36	3,27
	Total	48	7,16	3,63	0,76	6,39	17,90
kg.paciente ⁻¹ .dia ⁻¹	Perigosos	36	1,34	4,81	0,01	0,22	28,90
	Total	36	8,00	20,79	0,06	1,79	119,48

Legenda: n = número de observações; D.P. = desvio padrão; Mín. = valor mínimo; Máx. = valor máximo

Fonte – O autor (2021)

Já para a taxa de geração em relação ao número de pacientes, 8,00 [3,00 – 15,10] kg.paciente⁻¹.dia⁻¹, o valor ficou acima dos encontrados em alguns países desenvolvidos, como Canadá, Inglaterra e Espanha, com taxas de 4,10, 3,30 e 4,40 kg.paciente⁻¹.dia⁻¹ respectivamente (SAWALEM; SELIC; HERBELL, 2009). Por outro lado, o valor estimado é inferior a geração de 13,60 kg.paciente⁻¹.dia⁻¹ reportada por Martin; Yanez; Treggiar, (2017) para hospitais dos Estados Unidos.

Entretanto, deve-se ressaltar que para estimativa da taxa por pacientes, os valores obtidos apresentaram um valor para o desvio padrão ainda mais elevado do que para taxa em relação ao número de leitos, evidenciando que há uma grande variação de geração para essa métrica (Tabela 5.1). A variação encontrada é uma das limitações do uso desta taxa, uma vez que o

²Média [Limite inferior – Limite superior], limites calculados via *bootstrap*.

número de pacientes é bastante variável ao longo do tempo, o que torna difícil a apresentação desta informação, de forma representativa.

Vale ressaltar que a geração elevada de RSS encontrada talvez esteja associada a uma estimativa incorreta da geração de resíduos, reportada pelos hospitais nos PGRSS. Deve-se considerar, também, que o valor apresentado condiz com a capacidade do estabelecimento para acondicionamento e armazenamento dos resíduos, ou seja, o cenário apresentado, mesmo que divergente da realidade do dia a dia, pode ocorrer. Segundo a ANVISA (2018), esses valores deveriam ser ajustados ao longo do funcionamento do estabelecimento, com o objetivo de manter o GRSS adequado e o PGRSS atualizado. Destaca-se que, para os hospitais de estudo, a Portaria SLU nº 22, de 11 de novembro de 2020, de Belo Horizonte, sugere o uso da literatura para se obter uma estimativa de geração caso seja necessário (SLU, 2020).

Deve-se considerar também, que os hospitais de Belo Horizonte servem de referência para toda região metropolitana, englobando 34 municípios que possuem, ao todo, mais de 6 milhões de habitantes (AMORIM; SOUZA, 2019; IBGE, 2021). Além disso, Belo Horizonte é a capital de Minas Gerais e apresenta o quarto maior PIB entre os municípios brasileiros e estudos, como o de Ansari *et al.*, (2019) relacionaram o desenvolvimento local com o aumento na geração de RSS (IBGE, 2021).

Nesse contexto, os hospitais do município, por possuírem recursos e infraestrutura, recebem um maior fluxo de pacientes, além de assegurar maior segurança à saúde com o uso de equipamentos de uso único durante os atendimentos (FUSS; VASCONCELOS BARROS; POGANIETZ, 2018; WINDFELD; BROOKS, 2015). Estes fatores, aliados ao crescimento e envelhecimento da população, contribuem para um aumento da geração de RSS (ANSARI *et al.*, 2019; FARZADKIA *et al.*, 2018).

Ao se consultar a literatura, apesar de escassos, são encontrados alguns estudos sobre o tema, como o realizado por Da Silva *et al.* (2005), avaliando 21 hospitais no sul do Brasil, sendo a geração de RSS encontrada de $3,25 \text{ kg.leito}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, valor abaixo do obtido para Belo

Horizonte. Em outra avaliação realizada em um hospital de alta complexidade em Macapá, no estado de Amapá, Maders e Cunha (2015) reportaram uma geração de RSS total de 5,27 kg.leito⁻¹.dia⁻¹, que, apesar de estar acima da média nacional, ainda foi inferior ao valor encontrado no presente estudo.

Nessas comparações com outros estudos, salienta-se que os valores encontrados, para o presente estudo, apresentaram uma grande variação, conforme pode ser observado pelo desvio padrão e o coeficiente de variação de aproximadamente 50% na geração total (Tabela 5.1). A variação pode ser atribuída a diferenças nas características estruturais entre os hospitais, como número de leitos disponíveis, número de funcionários, número de atendimentos, disponibilidade de recursos, além da tipologia de atendimento, fatores que influenciam na geração e composição dos RSS (AWAD; OBEIDAT; AL-SHAREEF, 2004; DELMONICO *et al.*, 2018; GOLBAZ; NABIZADEH; SAJADI, 2019; KHAN *et al.*, 2019; OLI *et al.*, 2016; TABASI; MARTHANDAN, 2013; TESFAHUN; KUMIE; BEYENE, 2016).

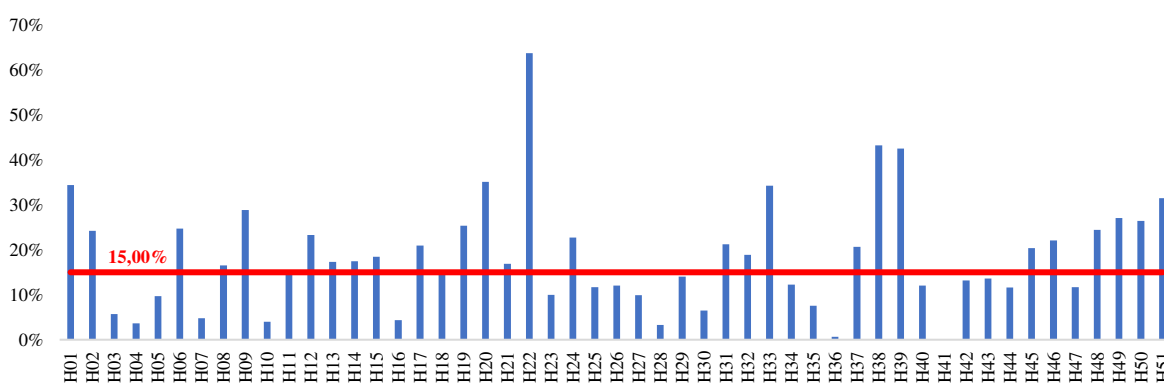
Outro fator que contribui para a discrepância na geração de RSS dos hospitais são as limitações do uso das taxas de geração relacionadas ao número de leitos bem como ao número de pacientes. Como um paciente no hospital pode ocupar um leito por um tempo reduzido ou prolongado, também o nível da complexidade de um atendimento vai influenciar na geração de resíduos. Dessa forma, para se obter um acompanhamento mais representativo, seria necessário o monitoramento *in loco* em todas os estabelecimento, permitindo assim, métricas que permitam considerar mais variáveis relacionadas à geração (MOREIRA; GÜNTHER, 2016; WINDFELD; BROOKS, 2015).

Mesmo diante dessas limitações, um aspecto importante de se avaliar no gerenciamento de RSS é a proporção de resíduos perigosos, por apresentarem um maior potencial de impacto negativo ao meio ambiente e à saúde caso sejam gerenciados de forma inadequada. No presente estudo, a geração para esse grupo de resíduos foi de 1,24 [1,02 – 1,44] kg.leito⁻¹.dia⁻¹. Para essa categoria de resíduos, houve uma pequena variação entre os hospitais estudados (Tabela 5.1).

Em média, os resíduos perigosos representaram 18% da geração total, considerando todos os hospitais incluídos neste estudo. Este valor está próximo ao da estimativa de 15% apresentada pela OMS e também dentro da faixa, mais abrangente, de 10 a 40% estimada pela Organização Pan-Americana da Saúde Centro (OPAS) para a fração considerada perigosa dentre os RSS (AWAD; OBEIDAT; AL-SHAREEF, 2004; OPAS, 1997). A proporção encontrada também está de acordo com a faixa entre 10 e 25%, encontrada por Eleyan *et al.*, (2013). Essa taxa de geração indica, provavelmente, que os hospitais do município possuem práticas adequadas de segregação de resíduos, visto que o valor encontrado está próximo ao que é esperado segundo a literatura.

Entretanto, ao se avaliar individualmente os estabelecimentos, pode-se observar que apenas 28 dos 51 hospitais estudados reportaram (Figura 5.1), por meio do PGRSS, uma proporção inferior aos 15% sugeridos pela OMS (WHO, 2017). Como a composição de RSS está relacionada com a tipologia de atendimento dos hospitais e a segregação promovida no estabelecimento, era mesmo esperado uma variação de composição entre os estabelecimentos (AWAD; BAJARI, 2018; DELMONICO *et al.*, 2018; GOLBAZ; NABIZADEH; SAJADI, 2019; KHAN *et al.*, 2019).

Figura 5.1 – Proporção dos resíduos perigosos gerado por hospital



Fonte – O autor (2021)

No caso do H22, os resíduos perigosos representam cerca de 64% dos resíduos gerados, indicando, dessa forma, uma possível má segregação dos resíduos dentro do estabelecimento, pois o valor está muito distante das referências. Principalmente em países em

desenvolvimento, como o Brasil, há relatos recorrentes de má segregação em estabelecimento de saúde, algumas vezes associados às carências nos treinamentos e capacitação dos funcionários que atuam no manejo de resíduos (ANVISA, 2018; BORELI; GODOY; KOZUSNY-ANDREANI, 2018; FARZADKIA *et al.*, 2018; KHAN *et al.*, 2019; MACEDO; OLIVEIRA, 2020; REAM *et al.*, 2016).

A variação da taxa de resíduos perigosos em hospitais foi relatada em outros estudos, como no de Ansari *et al.*, (2019), considerando 31 hospitais de países em desenvolvimento, sendo encontradas composições variando de 1 a 65% de resíduos perigosos. Outro estudo também avaliando hospitais de países em desenvolvimento reportou taxas entre 8,8 e 67% para os resíduos perigosos entre os hospitais estudados (ALI *et al.*, 2017).

Contudo, deve-se destacar que a falta de padronização nos procedimentos de pesagem, além das diferenças entre classificação de resíduos perigosos e não perigosos para os diferentes estudos dificulta a comparação dos resultados encontrados (ALI *et al.*, 2017; ANSARI *et al.*, 2019). Desse modo, os valores encontrados na literatura são apenas uma referência aproximada para se comparar as proporções de resíduos perigosos identificados nestes estudos.

Ao se comparar com estudos realizados em hospitais brasileiros, é possível reduzir as possíveis diferenças metodológicas de classificação, uma vez que a legislação a ser seguida é a mesma: RDC nº 222/2018 (BRASIL, 2018). A taxa de resíduos perigosos encontrada para Belo Horizonte, de 18%, foi próxima da reportada no estudo de Da Silva *et al.* (2005), que encontrou 17% do total dos resíduos gerados em hospitais classificados como perigosos. Por outro lado, no estudo de Dias *et al.*, (2017), avaliando um hospital universitário, a relação de resíduos perigosos foi mais elevada, sendo estimada uma taxa de 25%, valor próximo ao encontrado por Eleyan *et al.* (2013).

5.2 Classificação dos RSS em relação a RDC nº 222/2018

Avaliando a composição dos RSS a partir da classificação adotada pela ANVISA, por meio da RDC nº 222/2018, os resíduos foram reunidos em cinco grupos. Para esta avaliação, os

resíduos recicláveis foram separados dos demais resíduos comuns, permitindo uma melhor compreensão das composição dos resíduos (Tabela 5.2) (BRASIL, 2018).

Tabela 5.2 – Descritivo da geração de RSS dos hospitais de Belo Horizonte, por grupo de resíduos pela ANVISA (kg.leito⁻¹.dia⁻¹)

Grupo	% do Total	n	Média	D.P.	Mín.	Mediana	Máx.
A	13,89	48	1,07	0,74	0,02	0,94	2,97
B	0,78	48	0,04	0,06	<0,01	0,01	0,35
C	0,06	5	0,03	0,07	<0,01	<0,01	0,15
Drec	10,49	43	0,70	0,98	0,00	0,31	5,46
Dtotal	82,00	48	5,92	3,36	0,57	5,30	16,50
E	3,28	47	0,19	0,23	0,00	0,14	1,28

Legenda: número de observações; D.P. = desvio padrão; Min. = valor mínimo; Max = valor máximo; Drec = resíduos comuns recicláveis ;Dtotal = total de resíduos comuns não recicláveis + resíduos comuns recicláveis

Fonte – O autor (2021)

A composição encontrada possui uma menor contribuição dos Grupo A, B e E, totalizando 17,95%, em comparação ao levantamento apresentado no PMGIRS-BH em que estes grupos somados chegam a cerca de 30% do RSS gerados no município de Belo Horizonte (BELO HORIZONTE, 2017). A diferença encontrada está, possivelmente, relacionada com os demais estabelecimentos geradores de RSS dentro do município, como a atribuição de geração destes demais locais se diferenciam da composição dos resíduos gerados em hospitais.

Com as descrições apresentadas pelos hospitais, observou-se que o Grupo B pode ser considerado o mais complexo em relação à diversidade de resíduos. Neste grupo, estão resíduos como: lâmpadas, baterias, toners, medicamentos vencidos, estopas contaminadas por óleo industrial entre outros que possuam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade.

As diferentes características encontradas nesse grupo deixam o gerenciamento de resíduos ainda mais complexa, pois poderá ser necessário o uso de tratamentos e/ou destinações diferenciadas para cada tipologia de resíduo químico gerado no estabelecimento. No caso dos

hospitais estudados, o resíduo químico mais recorrente são os medicamentos vencidos, que correspondem a cerca de 18% de todo o grupo.

No presente estudo, os resíduos químicos representam uma proporção menor, do que a encontrada por um estudo realizado por Aduan *et al.* (2014), com uma medição *in loco*, considerando seis hospitais de Vitória/ES, que foi de 1,6%. Mesmo que o Grupo B represente menos de 1% da composição de RSS, o seu gerenciamento se torna de difícil execução devido aos cuidados necessários desde a sua geração até a sua destinação final.

Para este grupo, encontrou-se uma taxa de 0,04 [0,02 - 0,06] kg.leito⁻¹.dia⁻¹, ressaltando que todos os 48 hospitais reportaram a geração deste tipo de resíduo. O valor estimado é consideravelmente maior do que o encontrado por Maders e Cunha (2015), em que a geração para o Grupo B foi de 0,006 kg.leito⁻¹.dia⁻¹. Em outro estudo, incluindo 11 hospitais de Ribeirão Preto/SP, a taxa também foi menor do que a encontrada nos hospitais de Belo Horizonte, com um valor de 0,017 kg.leito⁻¹.dia⁻¹ (ANDRÉ; VEIGA; TAKAYANAGUI, 2016).

Ressaltasse ainda, que para os resíduos químicos, como demonstrado por André; Veiga; Takayanagui (2016), ainda há um certo desconhecimento sobre o gerenciamento destes por parte dos gestores. Tornando mais complexo a busca por hipóteses que expliquem a diferença de geração entre unidades como não se sabe ao certo qual é a geração deste grupo nos hospitais, devido à má gestão dos mesmos.

Entre os resíduos gerados nos hospitais analisados, o Grupo C, regulados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), foi o tipo de resíduo com menor geração, representando, dessa forma, o grupo com menor proporção em relação ao total de resíduos. Além disso, devido à atividade específica que leva a sua geração, apenas cinco dos 48 hospitais registram este grupo no PGRSS. Foi identificada certa dificuldade para encontrar na literatura hospitais que relatem a geração deste resíduo, sendo que em alguns casos, é mencionado que não há a geração do Grupo C no estabelecimento (CASTRO *et al.*, 2014;

NAGASHIMA; BARROS JUNIOR; FONTES, 2008; ROSA; MATHIAS; KOMATA, 2015).

Dentro dos motivos que levam à sua baixa geração, os principais fatores são a atividade realizada pelo hospital e o fato do gerenciamento ser realizado por empresas que fazem manutenção dos equipamentos que usam fontes de radionuclídeos. Portanto, em alguns casos, não sendo reportada essa geração no PGRSS do hospital (ANVISA, 2018).

Apesar da atenção necessária para o gerenciamento dos resíduos perigosos, são os resíduos comuns que representam a maior proporção em relação aos resíduos gerados nos hospitais. A proporção encontrada para este estudo foi de 82%, maior que os 57% encontrados por Aduan *et al.*, (2014), sendo este último provavelmente afetado por problemas de segregação, conforme relato de mistura de resíduos do Grupo D na fração segregada como Grupo A. Da mesma forma, o estudo de Maders e Cunha, (2015) demonstrou que resíduos comuns são destinados de forma inadequada devido à má segregação pois, após uma reclassificação, o total de resíduos do Grupo D seria de 75%, 10% maior do que na primeira classificação.

Destaca-se que, conforme demonstrado para a fração perigosa, há uma grande variação na proporção dos resíduos considerados comuns, ou não perigosos, em relação ao total. Segundo os estudos de Ansari *et al.* (2019) e Ali *et al.* (2017), a relação destes resíduos pode corresponder de 32,2% a 98,7% do total de resíduos gerados em hospitais de países em desenvolvimento. Isso demonstra que boas estratégias de segregação permitem o aperfeiçoamento da gestão de riscos, além da redução de custos e de impactos ao meio ambiente com a destinação final adequada dos resíduos (BRASIL, 2018; FARZADKIA *et al.*, 2018).

Para o Grupo D, a taxa de geração em relação ao número de leitos foi de 5,92 [5,00 - 6,82] kg.leito⁻¹.dia⁻¹, acima das taxas para hospitais brasileiros identificadas por Maders e Cunha (2015) e por André *et al.* (2016), que foram de 3,42 e 2,82 kg.leito⁻¹.dia⁻¹, respectivamente. A geração do presente estudo foi próxima à encontrada por Eker e Bilgili (2011), analisando os hospitais privados de Istambul, que reportou uma taxa média de 5,08 kg.leito⁻¹.dia⁻¹.

A geração dos resíduos destinados à reciclagem foi de 0,72 [0,45 - 1,02] kg.leito⁻¹.dia⁻¹, o que representa apenas 10,5% do total de resíduos comuns. Estudos como os de Zajac *et al.* (2016), Eleyan *et al.* (2013) e Vaccari *et al.* (2018) já demonstraram como uma boa gestão de resíduos, alinhada com treinamentos contínuos aos funcionários, permite a implementação da coleta seletiva em ambientes hospitalares. A taxa de resíduos destinados à reciclagem no presente estudo foi superior à encontrada por Dias *et al.* (2017) em um hospital universitário em Santa Maria/RS, com 0,52 kg.leito⁻¹.dia⁻¹.

Segundo o *Centro Nacional de Producción Más Limpia*, em um levantamento de 2001, hospitais dos Estados Unidos e Austrália geram 3,8 e 2,9 kg.leito⁻¹.dia⁻¹, respectivamente, de resíduos recicláveis, representando 50% e 60% do total de resíduos (CNPML, 2001). Esses exemplos demonstram que é possível promover medidas para redução do envio de resíduos para aterros sanitários, como é o caso do H34, que apresentou uma taxa de recicláveis de 5,45 kg.leito⁻¹.dia⁻¹. Entretanto, Nazari *et al.* (2020) reforçam a necessidade de um rigor no processo de segregação para evitar o envio de resíduos perigosos a triagem de maneira indevida.

Erros na segregação podem colocar em risco a saúde não somente dos funcionários internos dos hospitais, que são responsáveis pelo manejo dos resíduos, como a dos catadores que fazem a triagem do material reciclável. Tais riscos estão, principalmente, relacionados os resíduos do Grupo E que, apesar de sua baixa geração, exigem extrema cautela em seu manejo, devido ao risco de provocar acidentes por perfurações ou cortes que podem ser meios de entrada para diversas infecções. A exposição a esse tipo de resíduo pode levar a: infecção gastrointestinal, respiratória, ocular, de pele; AIDS; febres hemorrágicas; hepatite A, B e C; entre outras (JOSEPH; SELVAM; WONG, 2016).

Pode-se observar pelo estudo de Ali *et al.* (2017) que há uma grande variação na proporção que esses resíduos representam em relação ao total de RSS, entre 0,87 e 10%, nos hospitais de países em desenvolvimento. Para os hospitais de Belo Horizonte, a parcela de perfurocortantes de 2,64%, foi inferior a parte dos hospitais pesquisados por esse estudo.

A taxa de geração do Grupo E foi de 0,19 [0,14 - 0,26] kg.leito⁻¹.dia⁻¹, valor próximo à média nacional de 0,14 kg.leito⁻¹.dia⁻¹ estimada por Ribeiro; Neves; Mol (2020). Da mesma forma, esta taxa se assemelha a geração de 0,19 kg.leito⁻¹.dia⁻¹ apresentada por Maders e Cunha (2015). Por outro lado, o valor foi superior ao dos hospitais estudados por André *et al.* (2016), que geraram 0,05 kg.leito⁻¹.dia⁻¹. Em um estudo internacional, Eker e Bilgili (2011) avaliaram 210 hospitais, entre eles privados, públicos e universitários, encontrando uma taxa que variou de 0,22 a 0,66 kg.leito⁻¹.dia⁻¹.

Finalmente, os resíduos infectantes, classificados como Grupo A, merecem destaque devido ao grande volume e periculosidade associados, além de representarem a maior fração do total de resíduos perigosos. Para o presente estudo, a geração de infectantes foi de aproximadamente 14% da composição total, valor inferior a 21% encontrado por Ribeiro; Neves; Mol (2020) para os hospitais brasileiros. Entretanto, Aduan *et al.* (2014) e André *et al.* (2016) encontraram taxas de 47% e 31,3% respectivamente, e ressalta-se que, em ambos os estudos, os autores identificaram falhas na segregação, que poderiam justificar o elevado valor da taxa encontrada.

Para a geração do Grupo A, foi encontrada uma taxa de 1,07 [0,87 - 1,27] kg.leito⁻¹.dia⁻¹, que está próxima a taxa de 0,99 kg.leito⁻¹.dia⁻¹, próxima ao encontrado na literatura para o Brasil, mas inferior a outros hospitais da região Sudeste, que têm a média de 1,29 kg.leito⁻¹.dia⁻¹ (RIBEIRO; NEVES; MOL, 2020). A geração foi inferior à dos estudos dos Estados Unidos, com taxa de 2,79 kg.leito⁻¹.dia⁻¹, Iran 2,30 kg.leito⁻¹.dia⁻¹ e África do Sul, gerando 1,24 kg.leito⁻¹.dia⁻¹ (FARZADKIA *et al.*, 2018). Porém, já é um valor elevado se comparado com países em desenvolvimento, como Bulgária, Jordão, Vietnã e Tanzânia, em que a geração foi inferior a 0,50 kg.leito⁻¹.dia⁻¹, o que se pode relacionar à possível falta de disponibilidade de recurso para utilização de materiais de uso único para atendimentos (CHENG *et al.*, 2009; WINDFELD; BROOKS, 2015).

Ressalta-se que, como pode ser verificado no número de observações de cada grupo, nem todos os hospitais descreveram os subgrupos do Grupo A em seus respectivos PGRSS (Tabela 5.3). Isto pode ser atribuído à forma como o PGRSS foi elaborado, sendo que a falta

desse detalhamento pode ser atribuída: ao desconhecimento sobre o quantitativo da geração do resíduo no estabelecimento; a falta de segregação do Grupo A em subgrupos; as atividades exercidas não estarem relacionadas com a geração dos resíduos; entre outros.

Tabela 5.3 – Descritivo da geração dos Subgrupos do Grupo A para os hospitais de Belo Horizonte (kg.leito⁻¹.dia⁻¹)

Subgrupo	n	Média	D.P.	Mín.	Mediana	Máx.
A1	37	0,05	0,07	<0,01	0,02	0,27
A3	31	0,02	0,05	<0,01	<0,01	0,25
A4	44	0,90	0,68	0,02	0,79	2,97
A5	3	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,02

Legenda: n = número de observações; D.P. = desvio padrão; Mín. = valor mínimo; Máx. = valor máximo

Fonte – O autor (2021)

O Subgrupo A1 representa a fração dos resíduos infectantes com alto risco biológico e, portanto, exige atenção em seu manejo mesmo que sua geração seja baixa, como foi observado para o presente estudo, com a taxa de 0,05 [0,03 - 0,08] kg.leito⁻¹.dia⁻¹. Este resíduo é gerado em alguns setores de um hospital, como laboratórios, pronto socorro, enfermarias, sala de parto, centro cirúrgico, serviço de hemoterapia, internação e clínicas (CASTRO *et al.*, 2014; MADERS; CUNHA, 2015; OLIVEIRA; VIANA; CASTAÑON, 2018). Devido à sua geração em locais pontuais, é possível obter um maior controle da segregação dos resíduos, porém ainda há relatos da mistura do Subgrupo A1 com os resíduos comuns, tornando todo aquele resíduo perigoso (MADERS; CUNHA, 2015; NAZARI *et al.*, 2020).

Ressalta-se que, devido à sua baixa geração e falta de um monitoramento detalhado da tipologia dos RSS gerados em hospitais, são poucos os estudos que reportam a geração do Subgrupo A1, dificultando a análise de sua geração. No presente estudo, esse tipo de resíduo representa apenas 0,66% do RSS gerado, indicando, de uma forma geral, uma boa segregação de resíduos. Aduan *et al.* (2014) encontraram uma mistura de resíduos do Grupo D com o A1, desse modo, obtendo uma taxa mais elevada de 5,96%.

A falta de informação na literatura também pode ser vista para o Subgrupo A3, bem como para o A5. Isso se deve à geração esporádica destes subgrupos, sendo as menores taxas dentre os demais 0,016 [0,003 - 0,037] e 0,01 [0 - 0,02] kg.leito⁻¹.dia⁻¹ respectivamente. Vale destacar o alto risco biológico que o subgrupo A5 pode proporcionar e, diante deste risco, a legislação brasileira preconiza um acondicionamento em sacos duplos para uma melhor proteção, além da incineração do resíduo (BRASIL, 2018).

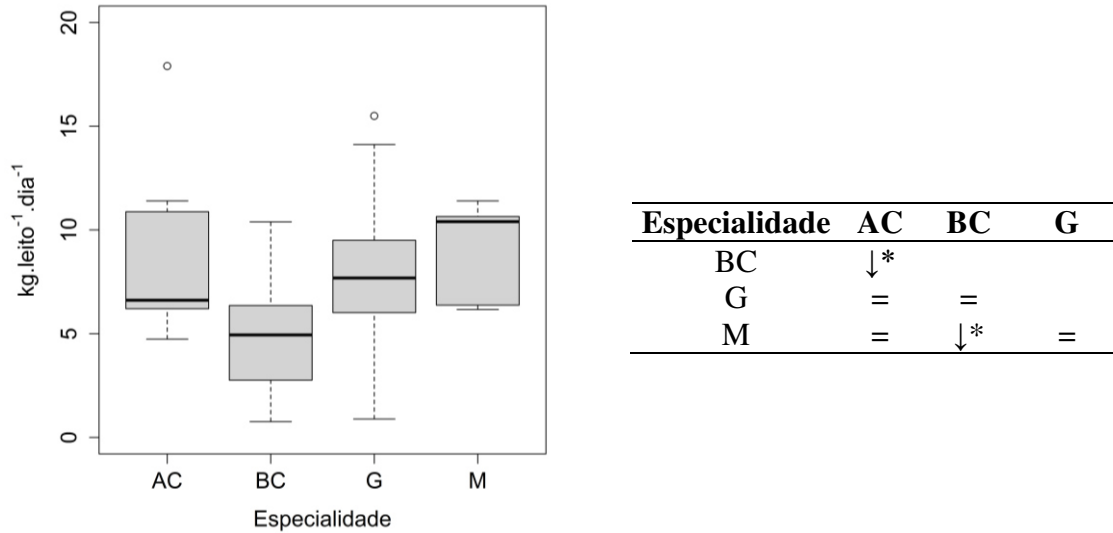
O resíduo do Subgrupo A4 é gerado em diversas situações durante o atendimento hospitalar, portanto, possui a maior taxa dentro do Grupo A, com um valor de 0,95 [0,76 - 1,18] kg.leito⁻¹.dia⁻¹, representando 73% dos resíduos infectantes. Esse percentual elevado está em conformidade com o estudo de Aduan *et al.* (2014), em que este subgrupo compunha 84% do total de infectantes. Apesar de serem classificados no Grupo A, os resíduos do Subgrupo A4 apresentam baixo risco biológico, a ponto de a legislação não exigir o seu tratamento antes da disposição final (BRASIL, 2018).

5.3 Geração e classificação dos RSS em relação às características dos hospitais

Uma vez que a variação de geração dos RSS entre hospitais depende de diferentes fatores, se faz necessário um agrupamento, para avaliar possíveis fatores que influenciam nos quantitativos de resíduos entre diferentes estabelecimentos. Dessa forma é possível reduzir externalidades, permitindo assim fazer comparações representativas entre as classificações dos estabelecimentos (GOLBAZ; NABIZADEH; SAJADI, 2019; KHAN *et al.*, 2019; OROEI *et al.*, 2014; TESFAHUN; KUMIE; BEYENE, 2016).

Conforme já identificado anteriormente por estudos como Oroei *et al.* (2014) e Windfeld e Brooks (2015), a atividade exercida no hospital interfere na geração de resíduos o mesmo foi observado neste estudo (Figura 5.2). Houve uma diferença marginal (p-valor entre 0,05 e 0,075) na geração total de RSS para os hospitais classificados como Maternidade e de Baixa Complexidade em que foram obtidas as taxas 9,00 [7,05 - 10,90] e 4,75 [3,28 - 6,18] kg.leito⁻¹.dia⁻¹ respectivamente, observou-se também uma diferença marginal entre os hospitais de Alta Complexidade, com uma taxa de 8,22 [6,53 - 10,22] kg.leito⁻¹.dia⁻¹, e os de Baixa Complexidade.

Figura 5.2 – Geração total de RSS dos hospitais de Belo Horizonte, em relação a especialidade hospitalar



Legenda: AC = Alta Complexidade (n=14) ; BC = Baixa Complexidade (n=13); G = Geral (n=16); M = Maternidade (n=5); ↓* = diferença marginal (p-valor entre 0,05 e 0,075), entre a categoria da linha (esquerda) e da coluna (acima);

Fonte – O autor (2021)

O resultado encontrado foi semelhante ao observado no estudo de Ribeiro *et al.* (2020), em que os hospitais maternidade apresentaram uma taxa de geração mais elevada em relação a outras especialidades (Tabela 5.4). Isso pode ser atribuído aos departamentos de atendimento à saúde, relacionados a maternidade, que foram identificados como grandes fontes de geração de resíduos em comparação com os demais ambientes hospitalares (SAWYERR *et al.*, 2016; NEMATHAGA *et al.*, 2008; ALANI *et al.*, 2019).

Tabela 5.4 – Descritivo da geração de RSS em relação a especialidade dos hospitais de Belo Horizonte (kg.leito⁻¹.dia⁻¹)

Resíduo	Especialidade	n	Média	D.P.	Mín.	Mediana	Máx.
Grupo A	Alta Complexidade	14	1,09	0,77	0,03	1,26	2,63
	Baixa Complexidade	13	0,74	0,83	0,03	0,34	2,97
	Geral	16	1,14	0,70	0,02	0,98	2,58
	Maternidade	5	1,01	0,40	0,52	1,06	1,44
Grupo B	Alta Complexidade	14	0,09	0,09	0,01	0,07	0,35
	Baixa Complexidade	13	0,02	0,03	0,01	0,01	0,11
	Geral	16	0,02	0,03	<0,01	0,01	0,12
	Maternidade	5	0,04	0,06	<0,01	0,01	0,15

Resíduo	Especialidade	n	Média	D.P.	Mín.	Mediana	Máx.
Grupo D	Alta Complexidade	14	6,68	3,67	3,56	5,18	16,50
	Baixa Complexidade	13	3,87	2,30	0,57	4,39	7,12
	Geral	16	6,31	3,48	0,78	6,24	13,39
	Maternidade	5	7,86	2,53	5,02	8,94	10,88
Grupo E	Alta Complexidade	13	0,37	0,33	0,01	0,30	1,28
	Baixa Complexidade	13	0,13	0,16	0,01	0,05	0,53
	Geral	16	0,14	0,15	<0,01	0,10	0,55
	Maternidade	5	0,09	0,07	0,02	0,12	0,16

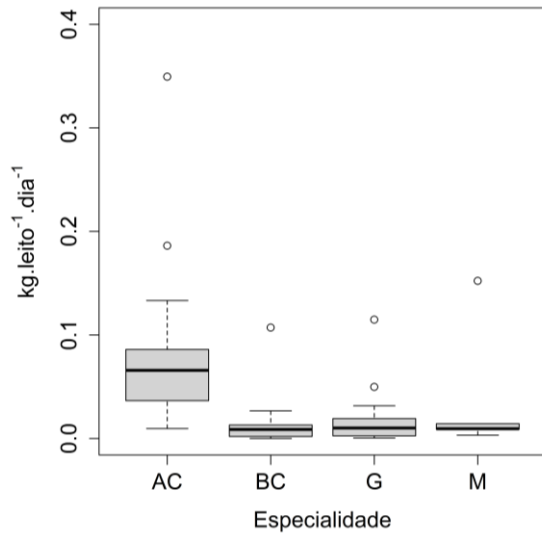
Legenda: n = número de observações; D.P. = desvio padrão; Mín. = valor mínimo; Max = valor máximo.

Fonte – O autor (2021)

Além de uma maior taxa de geração de resíduos, os hospitais de Alta Complexidade, apresentaram uma maior proporção de resíduos perigosos, cerca de 20%, em relação as demais especialidades Geral (17%), Baixa Complexidade (14%) e Maternidade (13%). Isto pode ser relacionado à presença de unidades de internação nos Hospitais Gerais e de Alta Complexidade, por estes locais apresentarem uma grande geração de RSS, devido ao atendimento possivelmente complexo e prolongado aos pacientes. Além disso, usualmente há uma segregação incorreta de resíduos, como reportado por Thakur; Katoch (2015), Amariglio; Depaoli (2021) e Thiel *et al.*, (2019).

Foram encontradas diferenças significativas para taxa de geração de resíduos do Grupo B dos hospitais Alta Complexidade em relação aos demais, exceto pelos hospitais Maternidade (Figura 5.3).

Figura 5.3 – Geração de resíduos do Grupo B dos hospitais de Belo Horizonte em relação a especialidade hospitalar



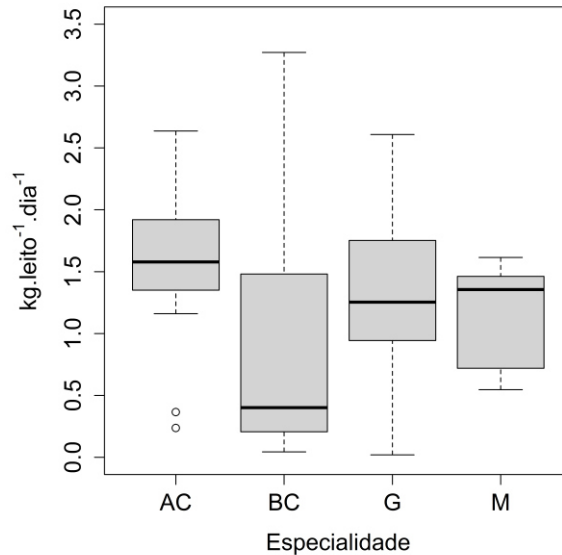
Especialidade	AC	BC	G
BC	↓		
G	↓	=	
M	=	=	=

Legenda: AC = Alta Complexidade (n=14) ; BC = Baixa Complexidade (n=13); G = Geral (n=16); M = Maternidade (n=5); ↓ = diferença significativa (p-valor < 0,05), entre a categoria da linha (esquerda) e da coluna (acima);

Fonte – O autor (2021)

Para os resíduos perigosos, Figura 5.4, e os do Grupo D, não foi encontrada diferenças entre as especialidades dos hospitais, como foram encontrados 0,08 e 0,06 para o p-valor respectivamente no teste estatístico. Contudo, acredita-se que com um acompanhamento ao longo do tempo destes hospitais, seria possível encontrar essa diferença de forma significativa como o p-valor encontrado foi próximo a 0,05. Por outro lado, para os demais grupos de resíduos, não foram encontradas diferenças nas taxas de geração.

Figura 5.4 – Geração de resíduos perigosos dos hospitais de Belo Horizonte em relação a especialidade hospitalar

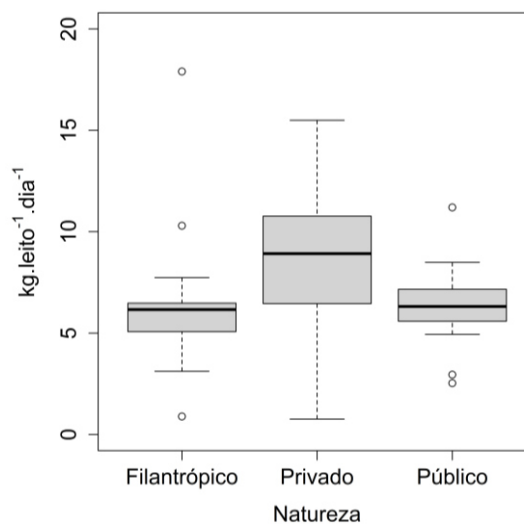


Legenda: AC = Alta Complexidade (n=14) ; BC = Baixa Complexidade (n=13); G = Geral (n=16); M = Maternidade (n=5)

Fonte – O autor (2021)

Não foi possível encontrar diferenças estatísticas na taxa de geração total pelo tipo de natureza (Figura 5.5). Nessa análise, observou-se que os hospitais privados, com uma geração de 8,22 [6,39 – 10,02] kg.leito⁻¹.dia⁻¹, apresentam uma tendência de serem maiores geradores do que os filantrópicos.

Figura 5.5 – Geração total de resíduos dos hospitais de Belo Horizonte em relação a natureza do estabelecimento



Fonte - O autor (2021)

Alguns estudos internacionais também avaliaram e encontraram diferenças na geração de acordo com a administração dos hospitais, no caso de Oli *et al.* (2016), os hospitais públicos foram os maiores geradores. Já no estudo de Eker; Bilgili (2011), foram os hospitais privados que apresentaram uma geração significativamente mais elevada. Em ambos os estudos, foi atribuída, como possível justificativa, a disponibilização de recursos para os hospitais, possibilitando um atendimento mais seguro, o que pode levar ao aumento dos RSS.

Em relação à composição dos RSS, os hospitais públicos foram os que apresentaram a maior proporção de resíduos perigosos com 21% do total, acima dos 18% dos hospitais filantrópicos e dos 15% dos hospitais privados (Tabela 5.5). Resultado distinto do que foi observado por Delmonico *et al.* (2018), em que a natureza dos hospitais não apresentou grande variação na composição dos RSS.

Tabela 5.5 – Descritivo da geração de RSS em relação a natureza dos hospitais de Belo Horizonte (kg.leito⁻¹.dia⁻¹)

Resíduo	Natureza	n	Média	D.P.	Mín.	Mediana	Máx.
Grupo A	Filantrópico	15	0,86	0,79	0,03	0,70	2,58
	Privado	19	1,15	0,72	0,03	1,27	2,97
	Público	14	0,97	0,71	0,02	0,94	2,63
Grupo B	Filantrópico	15	0,06	0,10	<0,01	0,01	0,35
	Privado	19	0,03	0,03	<0,01	0,01	0,12
	Público	14	0,05	0,05	<0,01	0,03	0,15
Grupo D	Filantrópico	15	5,43	3,56	0,78	4,89	16,50
	Privado	19	6,88	3,79	0,57	7,12	13,39
	Público	14	5,13	2,22	1,64	4,86	10,83
Grupo E	Filantrópico	15	0,19	0,35	0,01	0,04	1,28
	Privado	19	0,18	0,17	0,01	0,16	0,53
	Público	13	0,21	0,16	<0,01	0,14	0,55

Legenda: n = número de observações; D.P. = desvio padrão; Mín. = valor mínimo; Max = valor máximo.

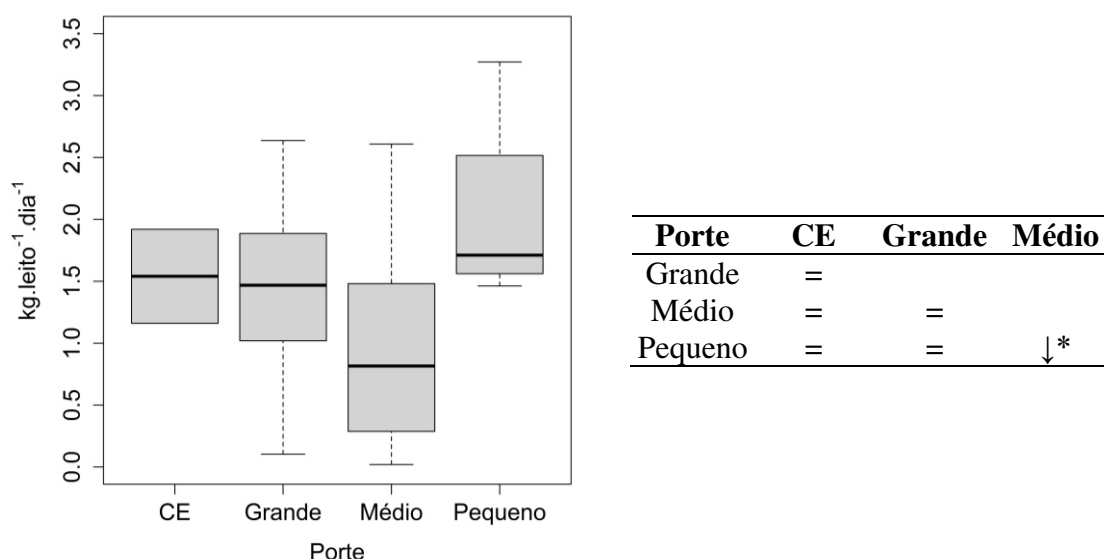
Fonte – O autor (2021)

Ao se avaliar a geração pelo porte dos hospitais, foram encontradas diferenças significativas (p-valor<0,02) para as taxas de geração dos resíduos químicos e dos perfurocortantes, entre os hospitais de médio e grande porte. Salienta-se que o resultando observado indica apenas

uma tendência como o número amostral dos grupos Capacidade Extra e Pequeno porte são pequenos em relação aos demais, e desse modo, interferindo na análise dos dados.

As taxas de geração total em relação ao porte, em $\text{kg.leito}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, foram 5,16 [4,74 – 5,58] para os hospitais de Capacidade Extra, 8,02 [6,55 – 9,57] para os de Grande porte, 6,48 [4,96 – 8,00] para Médio porte e 7,56 [4,67 – 10,40] para os hospitais de Pequeno porte. Acredita-se que não foram encontradas diferenças estatísticas na geração para outros grupos de resíduos devido às limitações da comparação relacionadas ao número de hospitais para cada categoria (Figura 5.6).

Figura 5.6 – Geração de resíduos perigosos dos hospitais de Belo Horizonte em relação a porte do estabelecimento



Legenda: CE = Capacidade Extra

Fonte – O autor (2021)

A composição dos resíduos em relação ao porte apresentou uma grande variação, sendo os resíduos perigosos com maior presença nos hospitais de porte de Capacidade Extra e Pequeno porte, sendo a proporção de 28 e 23% respectivamente, enquanto para Médio porte obteve-se 14,10% e Grande 17,50% (Tabela 5.6).

Tabela 5.6 – Descritivo da geração de RSS em relação ao porte dos hospitais
(kg.leito⁻¹.dia⁻¹)

Resíduo	Especialidade	n	Média	D.P.	Mín.	Mediana	Máx.
Grupo A	Capacidade Extra	2	1,15	0,39	0,87	0,87	1,15
	Grande	20	1,08	0,74	0,03	0,44	1,15
	Médio	22	0,79	0,67	0,02	0,18	0,70
	Pequeno	4	1,74	0,82	1,20	1,27	1,41
Grupo B	Capacidade Extra	2	0,07	0,02	0,05	0,05	0,07
	Grande	20	0,07	0,08	<0,01	0,01	0,03
	Médio	22	0,02	0,04	<0,01	<0,01	0,01
	Pequeno	4	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Grupo D	Capacidade Extra	2	3,62	0,06	3,58	3,58	3,62
	Grande	20	6,60	3,65	0,78	4,67	5,32
	Médio	22	5,58	3,23	0,57	2,93	5,43
	Pequeno	4	5,53	3,41	1,00	3,03	6,09
Grupo E	Capacidade Extra	2	0,33	0,17	0,21	0,21	0,33
	Grande	19	0,28	0,31	0,01	0,06	0,17
	Médio	22	0,09	0,09	<0,01	0,02	0,06
	Pequeno	4	0,29	0,18	0,12	0,15	0,25

Legenda: n = número de observações; D.P. = desvio padrão; Min. = valor mínimo; Max = valor máximo.

Fonte – O autor (2021)

5.4 Armazenamento externo dos RSS

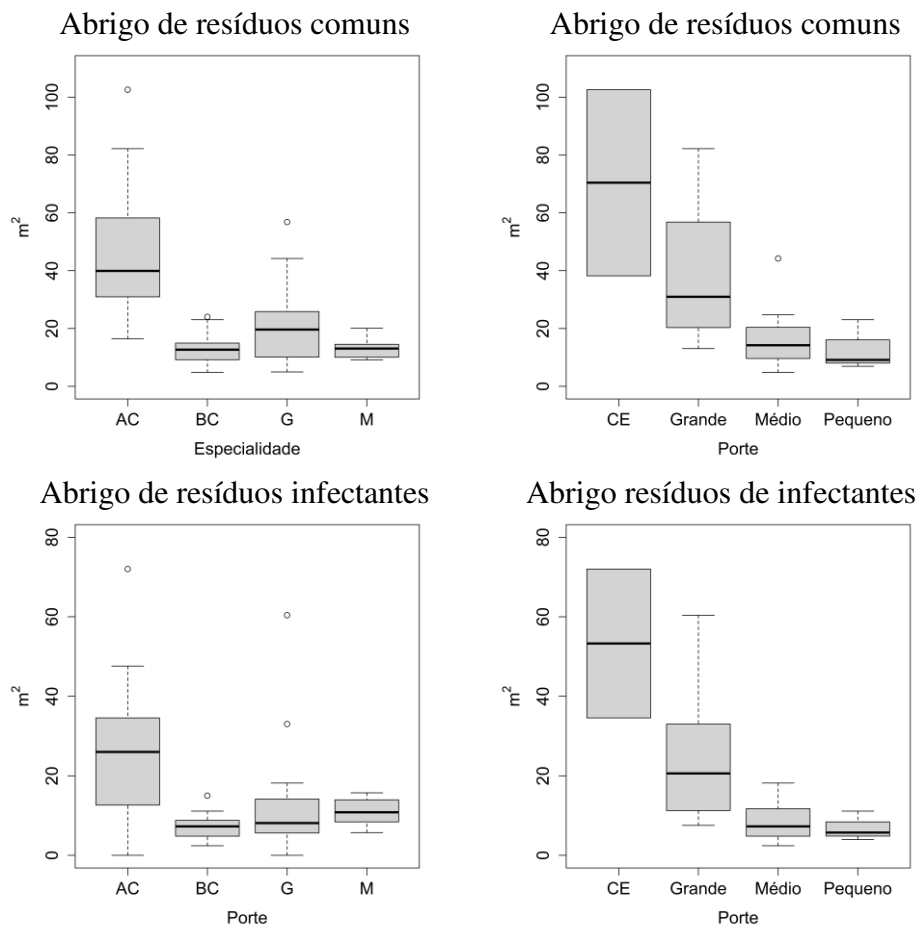
Os abrigos externos de resíduos exercem uma importante função no gerenciamento de RSS, permitindo que os resíduos sejam armazenados, usualmente acondicionados em coletores de resíduos, por alguns dias até o momento da coleta. Contudo, para que esse armazenamento seja feito de forma adequada, o abrigo dever ser construído considerando o tipo e as características dos resíduos (ANVISA, 2018; BELO HORIZONTE, 2016; WINDFELD; BROOKS, 2015).

O dimensionamento pode ser feito a partir da geração de resíduos estimada, usualmente em litros, em relação à área necessária para armazenar as bombonas ou os coletores em que os resíduos serão acondicionados. No caso dos hospitais de Belo Horizonte, em que o PGRSS foi implementado, a média da geração de resíduo por área foi de 105,85 L/m² para os resíduos infectantes, somando os Grupos A e E, conforme a legislação permite, e de 180,30 L/m² para

os resíduos do Grupo D. Essas taxas encontradas podem servir como referência no dimensionamento de abrigo de resíduos, identificou-se que dentre os hospitais estudados 28 deles apresentam taxas de geração por área maior ou igual aos valores referentes aos hospitais com PGRSS implantados

Ao se relacionar a área dos abrigos com a especialidade e porte dos hospitais, foi possível identificar uma influência das características do estabelecimento sobre o abrigo de resíduos (Figura 5.7).

Figura 5.7 – Área dos abrigos em relação ao porte e especialidade dos hospitais de Belo Horizonte



Legenda: AC = Alta Complexidade; BC = Baixa Complexidade; G = Geral; M = Maternidade
CE = Capacidade Extra.

Fonte – O autor (2021)

Os abrigos dos hospitais de Alta Complexidade, tanto para os de resíduos comuns, bem como para os resíduos infectantes, possuem área significativamente maiores (p -valor $<0,02$) que os abrigos de Hospitais Gerais e de Baixa Complexidade.

Também foram observadas diferenças nas áreas dos abrigos em relação ao porte, entretanto, ressalta-se que o baixo número de hospitais nas categorias de Capacidade Extra e Pequeno porte pode interferir na análise, e portanto, para estas categorias, apenas indicando uma possível diferença.

Por outro lado, os abrigos de hospitais privados, filantrópicos e públicos não apresentaram diferença em relação a suas áreas. Ressalta-se que, para o compilado apresentado na Figura 5.7, foram utilizadas as informações de todos os PGRSS, mesmo aqueles que ainda estavam em fase de aprovação, portanto, as áreas do abrigo não foram conferidas pela SLU. Ainda assim, pode-se relacionar as diferenças na complexidade das atividades exercidas em cada hospital, que venham levar ao aumento na geração de resíduos e, com isso, exigir um abrigo maior.

Conforme mencionado anteriormente, apesar de necessários, devido aos cuidados diante da periculosidade dos resíduos, os aspectos construtivos dos abrigos são um grande desafio para serem implementados pelos hospitais, que em muitos casos, não conseguem atender tais normas (BARROS *et al.*, 2020; FRANZOSI *et al.*, 2018; MADERS; CUNHA, 2015; MAHLER; MOURA, 2017). Isto se deve à falta de recursos, a estruturas antigas dos hospitais em cuja concepção não foi planejada uma área adequada para um abrigo de resíduos, falta de fiscalização e baixa capacitação dos profissionais, o que leva ao descaso com o gerenciamento de resíduos (ASKARIAN; VAKILI; KABIR, 2004; DA SILVA *et al.*, 2005).

5.5 Tratamento e Destinação Final dos RSS

Como já discutido, os RSS possuem, devido às suas características, um grande potencial de introduzir patógenos e compostos perigosos no meio ambiente (GHASEMI *et al.*, 2018). Desse modo, se faz necessário assegurar que os resíduos tenham uma destinação

ambientalmente adequada, e que os impactos ambientais gerados possam ser mitigados (BRASIL, 2010).

Foi identificado que, entre as tecnologias de tratamento dos RSS mais utilizadas nos hospitais do presente estudo, a sequência de autoclavagem e incineração para os resíduos do Grupo A como um todo é a opção mais utilizada. A recorrência deste duplo tratamento pode estar relacionada à exigência de um tratamento prévio do Subgrupo A1, classificado com um alto risco de agentes biológicos, em que normalmente se faz a autoclavagem intraestabelecimento (BRASIL, 2018). Além disso, o fato de mesmo os resíduos do Grupo A que não precisam de pré-tratamento estarem sendo tratados duplamente pode indicar falta de segregação, uma vez que o grupo todo dos resíduos infectantes recebe o mesmo tratamento, elevando os custos operacionais do processo de gestão de resíduos.

Outro fator que pode influenciar na determinação das tecnologias de tratamento é a oferta dos serviços pelas empresas responsáveis por tratar e dispor os resíduos em cada hospital. Segundo o levantamento realizado para elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte, existem na região 23 empresas licenciadas para coleta e transporte de RSS e cerca de 10 empresas licenciadas para o tratamento desses resíduos, sendo todos fora do município (BELO HORIZONTE, 2017).

Um exemplo da falta de opção de empresas destinadoras é o caso dos resíduos do Subgrupo A4 que, segundo a legislação vigente, não precisam de tratamento e poderiam ser dispostos diretamente em um aterro sanitário licenciado. Entretanto, todos os hospitais encaminham estes resíduos, seja para autoclavagem ou incineração, antes da disposição final em um aterro de Classe I, mesmo sem uma exigência legal ou técnica (BRASIL, 2018).

Grande parte dos resíduos que passam pelo duplo tratamento poderia ser apenas incinerada, tecnologia que apresenta algumas vantagens sobre as demais, como a redução de volume e a possibilidade de aproveitamento energético da queima, embora, no Brasil, esta estratégia não é usualmente empregada (BLAHUSKOVA; VLCEK; JANCAR, 2019; MAKARICHI; JUTIDAMRONGPHAN; TECHATO, 2018). Por outro lado, caso a incineração não seja

realizada com os controles ambientais adequados para a redução de poluentes atmosféricos, esta tecnologia pode emitir poluentes que persistem no meio ambiente e pode trazer problemas de saúde devido a degradação da qualidade do ar (ANSARI *et al.*, 2019).

Ressalta-se ainda que, após o tratamento, os resíduos do Grupo A, B e E devem ser destinados para um aterro Classe I, mesmo após incineração, uma vez que a classificação como perigoso será mantida. Isso se deve ao fato de que normalmente esses resíduos são incinerados de forma conjunta, porém, testes laboratoriais podem ser utilizados para comprovar a classificação dos resíduos como Classe II (BRASIL, 2002). Já os resíduos comuns, aqueles que não foram encaminhados para reciclagem, devem ser dispostos em um aterro sanitário licenciado.

6 CONCLUSÃO

Com a compilação dos dados dos PGRSS dos hospitais de Belo Horizonte, foi possível estimar taxas de geração de resíduos entre os principais tipos de geradores de RSS do município. Os valores estimados foram superiores aos dados anteriormente apresentados na literatura para representar a geração de resíduos nesse tipo de estabelecimento, principalmente quando comparados aos dados dos hospitais brasileiros.

A falta de parâmetro para se avaliar a geração de resíduos nos hospitais pode estar levando a uma incorreta estimativa do quantitativo que está ou vai ser gerado e que é informado no PGRSS, podendo ocasionar erros de planejamento e dimensionamento do gerenciamento dos resíduos. Alinha-se a isso a falta de cuidado na elaboração do PGRSS, fazendo com que o erro permaneça e que os Planos de Gerenciamento de Resíduos não sejam atualizados com as correções.

Diante da escassez de dados científicos sobre o tema, este estudo também proporcionou um diagnóstico da geração de RSS dos hospitais no município, consolidando ainda informações sobre o armazenamento, tratamento e destinação final adotadas pelos estabelecimentos. Para os hospitais do presente estudo, também foi possível identificar a influência que suas atividades oferecidas exercem sobre o perfil de geração de resíduos.

Espera-se que o presente estudo possa ser utilizado na estimativa de geração de resíduos de outros hospitais no Brasil e em países com características similares, fornecendo um embasamento sobre algumas etapas do gerenciamento de resíduos, conforme legislação vigente sobre o tema no Brasil, a RDC nº 222/2018 (BRASIL, 2018). Merecem destaque ações que permitam manter a segurança sanitária dos atendimentos de saúde e, ao mesmo tempo, atuem como estratégias de minimização na geração dos resíduos, por meio de uma segregação adequada na fonte.

7 RECOMENDAÇÕES

O bom gerenciamento de RSS pode levar a diversos benefícios econômicos, operacionais e ao meio ambiente, aos estabelecimentos que geram esse tipo de resíduo. Diante do levantamento, que foi obtido nesse trabalho, recomenda-se para trabalhos futuros uma comparação entre a geração informada no PGRSS e a geração atual dos estabelecimentos.

Para uma avaliação mais robusta, também pode ser realizado um acompanhamento *in loco*, com visitas aos hospitais, da geração dos resíduos ao longo do tempo. Permitindo assim, que flutuações da geração de resíduos, consequentes do número de pacientes e da complexidade.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASI, M.; ABDULI, M. A.; OMIÐVAR, B.; BAGHVAND, A. Forecasting municipal solid waste generation by hybrid support vector machine and partial least square model. **International Journal of Environmental Research**, v. 7, n. 1, p. 27–38, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.22059/ijer.2012.583>. Acesso em: 14.01.2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 8.419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos no Brasil 2020**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2020. *E-book*. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>. Acesso em: 24.01.2021.

ADUAN, S. A.; BRAGA, F. D. S.; ZANDONADE, E.; SALLES, D.; CUSSIOL, N. A. de M.; LANGE, L. C. Avaliação dos resíduos de serviços de saúde do grupo A em hospitais de Vitória (ES), Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 133–141, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000200004>. Acesso em: 13.02.2020.

ALI, M.; WANG, W.; CHAUDHRY, N.; GENG, Y. Hospital waste management in developing countries: A mini review. **Waste Management and Research**, v. 35, n. 6, p. 581–592, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0734242X17691344>. Acesso em: 14.01.2021.

ALMUNEEF, M.; MEMISH, Z. A. Effective medical waste management: It can be done. **American Journal of Infection Control**, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1067/mic.2003.43>. Acesso em: 18.04.2020.

AMARIGLIO, A.; DEPAOLI, D. Waste management in an Italian Hospital's operating theatres: An observational study. **American Journal of Infection Control**, v. 49, n. 2, p. 184–187, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.07.013>. Acesso em: 09.06.2021.

AMENGOL, B. P. da C.; CASTRO, S. R. GERENCIAMENTO QUANTITATIVO DE RESÍDUOS HOSPITALARES: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA/MG. **Saúde Meio Ambiente**, v. 8, p. 58–72, 2019. Acesso em: 09.06.2021

AMORIM, D. P. de L.; SOUZA, A. A. de. Caracterização assistencial dos hospitais filantrópicos da Região Metropolitana de Belo Horizonte. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 27, n. 2, p. 234–240, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1414-462x201900020142>. Acesso em: 29.03.2021

ANDRÉ, S. C. da S.; VEIGA, T. B.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Geração de Resíduos de Serviços de Saúde em hospitais do município de Ribeirão Preto (SP), Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 123–130, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41520201600100140092>. Acesso em: 09.01.2021

ANSARI, M.; HASSAN, M.; FARZADKIA, M.; AHMADI, E.; EHRAMPOUSH, M. H.; FARZADKIA, M.; AHMADI, E. Dynamic assessment of economic and environmental performance index and generation, composition, environmental and human health risks of hospital solid waste in developing countries; A state of the art of review. **Environment International**, v. 132, n. April, p. 105073, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105073>. Acesso em: 21.03.2021

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Manual, 2006. Acesso em: 02.04.2020

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **RDC nº 222/2018 COMENTADA**. Brasília, Brasil: Gerência de Regulamentação e Controle Sanitário em Serviços de Saúde- GRECS, 2018. Acesso em: 02.04.2020.

ASHWORTH, D. C.; ELLIOTT, P.; TOLEDANO, M. B. Waste incineration and adverse birth and neonatal outcomes: A systematic review. **Environment International**, v. 69, p. 120–132, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.04.003>. Acesso em: 11.04.2021

ASKARIAN, M.; HEIDARPOOR, P.; ASSADIAN, O. A total quality management approach to healthcare waste management in Namazi Hospital, Iran. **Waste Management**, v. 30, n. 11, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.06.020>. Acesso em: 10.12.2020.

ASKARIAN, M.; VAKILI, M.; KABIR, G. Results of a hospital waste survey in private hospitals in Fars province, Iran. **Waste Management**, v. 24, n. 4, p. 347–352, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2003.09.008>. Acesso em: 10.12.2020.

AWAD, A. A.-Uls.; BAJARI, F. Al. Environmental Impacts of Medical Waste Treatment and Management By. **International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)**, v. 9, n. 5, p. 41–53, 2018. Acesso em: 11.04.2020.

AWAD, A. R.; OBEIDAT, M.; AL-SHAREEF, M. Mathematical-Statistical Models of Generated Hazardous Hospital Solid Waste. *In*: 2004, **Journal of Environmental Science and Health – Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering**. [S. l.: s. n.] Disponível em: <https://doi.org/10.1081/ESE-120027524>. Acesso em: 13.02.2020.

AYDIN, N. Healthcare waste treatment technologies and health impacts of waste management. **International Journal of Sustainable Development and Planning**, v. 11, n. 2, p. 182–191, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.2495/SDP-V11-N2-182-191>. Acesso em: 11.04.2020.

BABANYARA, Y. Y.; IBRAHIM, D. B.; GARBA, T.; BOGORO, A. G.; ABUBAKAR, M. Y. Poor Medical Waste Management (MWM) Practices and Its Risks to Human Health and the Environment : A Literature Review. **International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering**, n. 11, p. 757–764, 2013. Acesso em: 10.12.2020.

BARROS, P. M. G. de A.; MELO, D. D. de C. P. de; LINS, E. A. M.; SILVA, R. F. da. Percepção dos profissionais de saúde quanto a gestão dos resíduos de serviço de saúde. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 1, p. 201–210, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2020.001.0019>. Acesso em: 13.02.2020.

BDOUR, A.; ALTRABSHEH, B.; HADADIN, N.; AL-SHAREIF, M. Assessment of medical wastes management practice: A case study of the northern part of Jordan. **Waste Management**, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.03.004>. Acesso em: 10.04.2020.

BELO HORIZONTE. **Manual de Regulamento Orientador para a Construção dos Indicadores de Monitoramento, Avaliação e Controle de Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS)**. 2011. Ed. Belo Horizonte: COPAGRESS, 2011. Acesso em: 10.04.2020.

BELO HORIZONTE. **Decreto nº 16.509, de 19 de Dezembro de 2016**. Regulamenta o art. 46 da Lei nº 10.534/2012, no tocante à elaboração, apresentação, aprovação e implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde – PGRSS no Município de Belo Horizonte. Belo Horizonte: 2016, 2016. Disponível em: <http://portal6.pbh.gov.br/dom/iniciaEdicao.do?method=DetalheArtigo&pk=1173068>.

BELO HORIZONTE. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte**. 2017. Ed. Belo Horizonte: PBH, 2017. V. I. Acesso em: 06.06.2021.

BLAHUSKOVA, V.; VLCEK, J.; JANCAR, D. Study connective capabilities of solid residues from the waste incineration. **Journal of Environmental Management**, v. 231, n. November 2017, p. 1048–1055, 2019. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.112>. Acesso em: 15.04.2020.

BORELI, D.; GODOY, S. R. de; KOZUSNY-ANDREANI, D. I. Infectious Solid Waste Management in a Hospital Unit. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 257–268, 2018. Disponível em:

<https://doi.org/10.3738/1982.2278.2743>. Acesso em: 06.06.2021.

BOURTSALAS, A. C. .; THEMELIS, N. J. Major sources of mercury emissions to the atmosphere: The U.S. case. **Waste Management**, v. 85, p. 90–94, 2019. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.12.008>. Acesso em: 06.06.2021.

BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 316, de 29 de outubro de 2002**. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.: [s. n.], 2002.p. 14. Acesso em: 09.02.2020.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 358, de 29 de abril de 2005**.Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília: 2005, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.prnil.2019.11.004>. Acesso em: 02.04.2020.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 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.

Brasília, DF: Presidência da República: 2010, 2010. Disponível em:

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 02.04.2020.

BRASIL. **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC Nº 222, de 28 de Março de 2018**. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências. . Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências. Brasília: 2018, 2018. Acesso em: 02.04.2020.

CAMPOS, F. dos S. P. **Avaliação do Sistema de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde**. 2015. – Tese (Doutorado), UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL, São Paulo, 2015. Acesso em: 13.02.2020.

CANIATO, M.; TUDOR, T.; VACCARI, M. International governance structures for health-care waste management: A systematic review of scientific literature. **Journal of Environmental Management**, v. 153, p. 93–107, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.039>. Acesso em: 10.03.2020.

CASTRO, R. R.; GUIMARÃES, O. S.; LIMA, V. M. L. de; LOPES, C. D. F.; CHAVES, E. S. Management of healthcare waste in a small hospital. **Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste**, v. 15, n. 5, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.15253/2175-6783.2014000500016>. Acesso em: 19.03.2020.

CHENG, Y. W.; SUNG, F. C.; YANG, Y.; LO, Y. H.; CHUNG, Y. T.; LI, K. C. Medical waste production at hospitals and associated factors. **Waste Management**, v. 29, n. 1, p. 440–444, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.01.014>. Acesso em: 02.04.2020. Acesso em: 13.02.2020.

CIPLAK, N. A System Dynamics Approach for the Determination of Adverse Health Impacts of Healthcare Waste Incinerators and Landfill Sites on Employees. **Environmental Management and Sustainable Development**, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5296/emsd.v2i2.3688>. Acesso em: 02.04.2020.

Centro Nacional de Producción Más Limpia - CNPML. Guia sectorial de produccion mas limpia; Hospitales, Clinicas y centro de salud. 2001.

COSTA, C. A.; MAIA, C. C.; NEVES, A. C.; DE VASCONCELOS BARROS, R. T.; MOL, M. P. G. Profile of highly infected wastes generated by hospitals: A case in Belo Horizonte, Brazil. **Waste Management and Research**, v. 37, n. 6, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0734242X19846296>. Acesso em: 02.01.2020.

DA SILVA, C. E.; HOPPE, A. E.; RAVANELLO, M. M.; MELLO, N. Medical wastes management in the south of Brazil. **Waste Management**, v. 25, n. 6 SPEC. ISS., p. 600–605, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.03.002>. Acesso em: 01.02.2020.

DE, S.; DEBNATH, B. Prevalence of Health Hazards Associated with Solid Waste Disposal- A Case Study of Kolkata, India. **Procedia Environmental Sciences**, v. 35, p. 201–208, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.081>. Acesso em: 06.06.2021.

DELMONICO, D. V. d. G.; SANTOS, H. H. do.; PINHEIRO, M. A. P.; DE CASTRO, R.; DE SOUZA, R. M. Waste management barriers in developing country hospitals: Case study and AHP analysis. **Waste Management and Research**, v. 36, n. 1, p. 48–58, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0734242X17739972>. Acesso em: 13.03.2020.

DIAS, G. L.; SARTURI, F.; CAMPONOGARA, S.; DE LIMA, S. B. S.; LOPES, L. F. D.; TREVISAN, C. M. Análise da taxa de geração de resíduos de serviços de saúde em um hospital universitário Analysis of the medical waste production rate in a teaching hospital. **Revista de Pesquisa: Cuidado é Fundamental Online**, v. 9, n. 1, p. 92, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.9789/2175-5361.2017.v9i1.92-98>. Acesso em: 13.02.2020.

DIAZ, L. F.; EGGERTH, L. L.; ENKHTSETSEG, S.; SAVAGE, G. M. Characteristics of healthcare wastes. **Waste Management**, v. 28, n. 7, p. 1219–1226, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.04.010>. Acesso em: 06.06.2021.

ECKELMAN, M. J.; SHERMAN, J. Environmental impacts of the U.S. health care system and effects on public health. **PloS ONE**, v. 11, n. 6, p. 1–14, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157014>. Acesso em: 13.02.2020.

EKER, H. H.; BILGILI, M. S. Statistical analysis of waste generation in healthcare services: A case study. **Waste Management and Research**, v. 29, n. 8, p. 791–796, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0734242X10396755>. Acesso em: 06.06.2021.

ELEYAN, D.; AL-KHATIB, I. A.; GARFIELD, J. System dynamics model for hospital waste characterization and generation in developing countries. **Waste Management and Research**, v. 31, n. 10, p. 986–995, 2013. Disponível em:

<https://doi.org/10.1177/0734242X13490981>. Acesso em: 06.06.2021.

FARZADKIA, M.; AKBARI, H.; GHOLAMI, H.; DARABI, A. Management of Hospital Waste: A Case Study in Tehran, Iran. **Health Scope**, v. 7, n. 2, 2018. Disponível em:

<https://doi.org/10.5812/jhealthscope.61412> Acesso em: 06.06.2020.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM. **Manual de Gerenciamento de**. Belo Horizonte: [s. n.], 2008. Acesso em: 19.03.2020.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM. **Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos Fundação Estadual do Meio Ambiente PANORAMA DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2018**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente., 2018. Acesso em: 02.04.2020.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM. **Gestão de Resíduos de Serviços de Saúde em Minas Gerais**. Minas Gerais, 2019. Disponível em:

<http://www.feam.br/minas-rss-destinacao-sustentavel>. Acesso em: 19 mar. 2020. Acesso em: 10.10.2020. Acesso em: 02.04.2020.

FERRONATO, N. Waste Mismanagement in Developing Countries : A Review of Global Issues. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 16, 1060 .2019. Disponível em:

<https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>. Acesso em: 07.02.2021.

FRANZOSI, F.; KIST, L. T.; MORAES, J. A. R.; MACHADO, Ê. L. Diagnosis of the health care waste management system of hospitals in the west of Santa Catarina State-Brazil1. **Produccion y Limpia**, v. 13, n. 1, p. 54–64, 2018. Disponível em:

<https://doi.org/10.22507/pml.v13n1a5>. Acesso em: 13.02.2021.

FURUKAWA, P. de O.; CUNHA, I. C. K. O.; PEDREIRA, M. da L. G. Evaluation of environmentally sustainable actions in the medication process. **Revista brasileira de enfermagem**, v. 69, n. 1, p. 16–22, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-7167.2016690103i>. Acesso em: 28.06.2021.

FUSS, M.; VASCONCELOS BARROS, R. T.; POGANIETZ, W. R. Designing a framework for municipal solid waste management towards sustainability in emerging economy countries – An application to a case study in Belo Horizonte (Brazil). **Journal of Cleaner Production**, v. 178, p. 655–664, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.051>. Acesso em: 11.04.2021.

GHASEMI, L.; YOUSEFZADEH, S.; RASTKARI, N.; NADDAFI, K.; SHARIATI FAR, N.; NABIZADEH, R. Evaluate the types and amount of genotoxic waste in Tehran University of Medical Science’s hospitals. **Journal of Environmental Health Science and Engineering**, v. 16, n. 2, p. 171–179, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40201-018-0305-7>. Acesso em: 06.06.2021.

GOLBAZ, S.; NABIZADEH, R.; SAJADI, H. S. Comparative study of predicting hospital solid waste generation using multiple linear regression and artificial intelligence. **Journal of Environmental Health Science and Engineering**, v. 17, n. 1, p. 41–51, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40201-018-00324-z>. Acesso em: 13.03.2020.

GOVIND KHARAT, M.; MURTHY, S.; JAISINGH KAMBLE, S.; RAUT, R. D.; KAMBLE, S. S.; GOVIND KHARAT, M. Fuzzy multi-criteria decision analysis for environmentally conscious solid waste treatment and disposal technology selection. **Technology in Society**, v. 57, n. August 2015, p. 20–29, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.12.005>. Acesso em: 13.03.2020.

HASSAN, A.; TUDOR, T.; VACCARI, M. Healthcare Waste Management: A Case Study from Sudan. **Environments**, v. 5, n. 8, p. 89, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/environments5080089>. Acesso em: 13.03.2020.

HOSSAIN, M. M.; ALAM, O. A Deeper Look into the Inner Factors Associated to Healthcare Waste Management in Chittagong – the Commercial Capital of Bangladesh. **Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy; 30 September – 4 October 2013, n. October 2013, 2013.** Acesso em: 13.03.2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **IBGE | Cidades@ | Minas Gerais | Panorama.** [s. l.], 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>. Acesso em: 05.04. 2021.

IDOWU, I. A.; ATHERTON, W.; HASHIM, K.; KOT, P.; ALKHADDAR, R.; ALO, B. I.; SHAW, A. An analyses of the status of landfill classification systems in developing countries: Sub Saharan Africa landfill experiences. **Waste Management**, v. 87, p. 761–771, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.011>. Acesso em: 06.06.2020.

INSA, E.; ZAMORANO, M.; LÓPEZ, R. **Critical review of medical waste legislation in Spain.** [S. l.: s. n.] Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.06.005>. Acesso em: 19.04.2020.

JOSEPH, K.; SELVAM, A.; WONG, J. W. C. C. Healthcare waste management. **Sustainable Solid Waste Management**, p. 477–510, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1061/9780784414101.ch15>. Acesso em: 13.02.2021.

JOVANOVIĆ, V.; MANOJLOVIĆ, J.; JOVANOVIĆ, D.; MATIC, B.; ĐONOVIĆ, N. Management of pharmaceutical waste in hospitals in Serbia – Challenges and the potential for improvement. **Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research**, v. 50, n. 4, p. 695–702, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5530/ijper.50.4.22>. Acesso em: 19.03.2020.

KAZA, S.; YAO, L.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. **What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050**. Washington: International Bank for Reconstruction and Development, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>. Acesso em: 19.03.2020.

KHAN, B. A.; CHENG, L.; KHAN, A. A.; AHMED, H. Healthcare waste management in Asian developing countries: A mini review. **Waste Management and Research**, v. 37, n. 9, p. 863–875, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0734242X19857470>. Acesso em: 13.04.2020.

KHOBRAKAGE, D. Health Care Waste: Avoiding Hazards to Living and Non Living Environment by Efficient Management. **Fortune Journal of Health Sciences**, v. 02, n. 02, p. 14–29, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.26502/fjhs007>. Acesso em: 13.03.2020.

KOPP, M. D. P.; ARAUJO, C. A. S.; FIGUEIREDO, K. F. Gestão dos resíduos sólidos hospitalares : estudo de casos em hospitais do Rio de Janeiro e de São Paulo. **Gestão Contemporânea**, v. 10, n. 13, p. 71–95, 2013. Disponível em: <http://seer2.fapa.com.br/index.php/arquivo>. Acesso em: 11.03.2020.

KUMAR, R.; SOMRONGTHONG, R.; SHAIKH, B. T. Effectiveness of intensive healthcare waste management training model among health professionals at teaching hospitals of Pakistan: A quasi-experimental study. **BMC Health Services Research**, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12913-015-0758-7>. Acesso em: 13.02.2020.

LIAO, C. J.; HO, C. C. Risk management for outsourcing biomedical waste disposal – Using the failure mode and effects analysis. **Waste Management**, v. 34, n. 7, p. 1324–1329, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.03.007>. Acesso em: 19.03.2020.

LUCZYNSKI, M.; GOMES, M. de V. C. N.; ALVES, S. R.; OLIVEIRA, K. L. Diagnóstico do gerenciamento dos resíduos de serviço de saúde do hospital metropolitano de urgência e emergência da região metropolitana de belém. **Revista do Especialista – Journal of Specialist**, v. 1, n. 1, p. 1–9, 2016.

MACEDO, J. C.; OLIVEIRA, E. H. C. de. Waste from Health Services: Situation and Actions in a Public Hospital from Manaus (Amazonas, Brazil). **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 7, n. 4, p. 237–244, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.22161/ijaers.74.30>. Acesso em: 30.06.2020.

MADERS, G. R.; CUNHA, H. F. A. Análise da gestão e gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde (RSS) do Hospital de Emergência de Macapá, Amapá, Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 379–388, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000137607>. Acesso em: 06.06.2021.

MAHLER, C. F.; MOURA, L. de L. Healthcare waste (HCW): A qualitative approach. **RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, n. 23, p. 46–60, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.17013/risti.23.46-60>. Acesso em: 09.06.2021.

MAHMOOD, S.; SHARIF, F.; RAHMAN, A. ur; KHAN, A. U. Analysis and forecasting of municipal solid waste in Nankana City using geo-spatial techniques. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 190, n. 5, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6631-5>. Acesso em: 16.04.2020.

MAKARICHI, L.; JUTIDAMRONGPHAN, W.; TECHATO, K. anan. The evolution of waste-to-energy incineration: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 91, n. November 2017, p. 812–821, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.088>. Acesso em: 11.04.2020.

MARTIN, D. M.; YANEZ, N. D.; TREGGIARI, M. M. An initiative to optimize waste streams in the operating room: RECYcling in the operating room (RECOR) project. **AANA Journal**, v. 85, n. 2, p. 108–112, 2017. Acesso em: 13.07.2021.

MESSAGE, B. L. **Diagnóstico e avaliação do gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde: estudo comparativo entre hospitais do município de São Carlos-SP.** 2019. – Dissertação (Mestrado em Ciência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019., [s. l.], 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1037//0033-2909.126.1.78>. Acesso em: 13.02.2020

MIGUEZ, M.; REZENDE, O.; VERÓL, A. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade.** [S. l.]: Elsevier Brasil, 2015.

MINOGLU, M.; KOMILIS, D. Describing health care waste generation rates using regression modeling and principal component analysis. **Waste Management**, v. 78, p. 811–818, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.06.053>. Acesso em: 06.06.2020.

MMEREKI, D.; BALDWIN, A.; LI, B.; LIU, M. Healthcare waste management in Botswana: storage, collection, treatment and disposal system. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 19, n. 1, p. 351–365, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10163-015-0429-0>. Acesso em: 13.02.2020.

MOREIRA, A. M. M.; GÜNTHER, W. M. R. Assessment of medical waste management at a primary health-care center in São Paulo, Brazil. **Waste Management**, v. 33, n. 1, p. 162–167, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.018>. Acesso em: 07.07.2020.

MOREIRA, A. M. M.; GÜNTHER, W. M. R. Gerenciamento de resíduos sólidos em unidades básicas de saúde: Aplicação de instrumento facilitador. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 24, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1518-8345.0646.2768> Acesso em: 07.07.2020.

MUTTERS, N. T.; GÜNTHER, F.; FRANK, U.; MISCHNIK, A. Costs and possible benefits of a two-tier infection control management strategy consisting of active screening for multidrug-resistant organisms and tailored control measures. **Journal of Hospital Infection**, v. 93, n. 2, p. 191–196, 2016. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.jhin.2016.02.013>. Acesso em: 06.06.2021.

NAGASHIMA, L. A.; BARROS JUNIOR, C. De; FONTES, C. E. R. Análise da produção e taxa de geração de resíduos sólidos de serviços de saúde do Hospital Universitário Regional de Maringá. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 29, n. 2, 2008. Disponível em:

<https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v29i2.582>. Acesso em: 13.02.2020.

NAZARI, M. T.; GONÇALVES, C. da S.; SILVA, P. L. C.; PAZ, M. F. da; SIQUEIRA, T. M.; CORRÊA, É. K.; CORRÊA, L. B. Incidência de resíduos de serviços de saúde em cooperativas de triagem de materiais recicláveis. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 25, n. 2, p. 271–279, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522020185667>. Acesso em: 28.04.2020.

NOGUEIRA, D. N. G.; CASTILHO, V. Resíduos de serviços de saúde: mapeamento de processo e gestão de custos como estratégias para sustentabilidade em um centro cirúrgico. **REGE – Revista de Gestão**, 2016. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.rege.2016.09.007>. Acesso em: 07.07.2020.

OLI, A. N.; EKEJINDU, C. C.; ADJE, D. U.; EZEObI, I.; EJIOFOR, O. S.; IBEH, C. C.; UBAJAKA, C. F. Healthcare waste management in selected government and private hospitals in Southeast Nigeria. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 6, n. 1, p. 84–89, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.09.019>. Acesso em: 07.04.2020.

OLIVEIRA, E. L. de; VIANA, V. J.; CASTAÑON, A. B. Performance Ambiental em Estabelecimentos de Saúde: Um Estudo de Caso do Hospital Naval Marcílio Dias, Rio de Janeiro – RJ. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 3, p. 520–538, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/geas.v7i3.968>. Acesso em: 30.01.2021.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE - OPAS. Guia para o manejo interno de resíduos sólidos em estabelecimentos de saúde. **Americana da Saúde**, p. 64, 1997.

Disponível em: http://www.livrosgratis.com.br/arquivos_livros/op000024.pdf. Acesso em: 06.06.2020.

OROEI, M.; MOMENI, M.; PALENIK, C. J.; DANAEI, M.; ASKARIAN, M. A qualitative study of the causes of improper segregation of infectious waste at Nemazee Hospital, Shiraz, Iran. **Journal of Infection and Public Health**, v. 7, n. 3, p. 192–198, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2014.01.005>. Acesso em: 11.04.2020.

PATWARY, M. A.; O'HARE, W. T.; STREET, G.; MAUDDOOD ELAHI, K.; HOSSAIN, S. S.; SARKER, M. H. Quantitative assessment of medical waste generation in the capital city of Bangladesh. **Waste Management**, v. 29, n. 8, p. 2392–2397, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.03.021>. Acesso em: 13.02.2020.

PIRES, A.; MARTINHO, G.; RODRIGUES, S.; GOMES, M. I. **Sustainable solid waste collection and management**. [S. l.]: Springer, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93200-2>. Acesso em: 06.06.2021.

PUGLESI, É. **Estudo da evolução da composição dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) e dos procedimentos adotados para o seu gerenciamento integrado no Hospital Irmandade Santa Casa de Misericórdia de São Carlos – SP**. 2010. – Tese (Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010, 2010, 174f, 2010. Acesso em: 13.02.2020.

RAZALI, S. S.; ISHAK, M. B. Clinical waste handling and obstacles in Malaysia. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v. 4, n. 2, p. 47–54, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.4090/juee.2010.v4n2.047054>. Acesso em: 06.06.2021.

REAM, P. S. F.; TIPPLE, A. F. V.; BARROS, D. X.; SOUZA, A. C. S.; PEREIRA, M. S. Biological risk among hospital housekeepers. **Archives of Environmental and Occupational Health**, v. 71, n. 2, p. 59–65, 2016. Disponível em:

<https://doi.org/10.1080/19338244.2014.927347>. Acesso em: 13.02.2021.

RIBEIRO, P. A. M.; NEVES, A. C.; MOL, M. P. G. QUANTITATIVE ESTIMATION OF HEALTHCARE WASTES GENERATED BY BRAZILIAN HOSPITALS : A LITERATURE REVIEW. **Environmental Engineering and Management Journal**, v. 19, n. 7, p. 1143–1156, 2020. Acesso em: 13.02.2021.

RIZAN, C.; BHUTTA, M. F.; REED, M.; LILLYWHITE, R. The carbon footprint of waste streams in a UK hospital. **Journal of Cleaner Production**, v. 286, p. 125446, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125446>. Acesso em: 30.01.2021.

ROSA, C.; MATHIAS, D.; KOMATA, C. Custo de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS): Estudo de Caso da Unidade de Terapia Intensiva de Infectologia de Um Hospital Público em São Paulo. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, p. 127–143, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/geas.v4i2.289>. Acesso em: 30.06.2020.

ROSA, F. R. da. Diagnóstico do gerenciamento de resíduos em um hospital do Vale do Rio Pardo. V. 1, p. 84, 2016. Acesso em: 30.06.2020.

SAWALEM, M.; SELIC, E.; HERBELL, J. D. Hospital waste management in Libya: A case study. **Waste Management**, v. 29, n. 4, p. 1370–1375, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.08.028>. Acesso em: 13.02.2021.

SCHNEIDER, V. E. Sistemas de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde: contribuição ao estudo das variáveis que interferem no processo de implantação, monitoramento e custos decorrentes. 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-32832005000300008. Acesso em: 10.02.2020.

SCHUHMACHER, M.; FÀBREGA, F.; KUMAR, V.; GARCÍA, F.; NADAL, M.; DOMINGO, J. L. A PBPK model to estimate PCDD/F levels in adipose tissue: Comparison with experimental values of residents near a hazardous waste incinerator. **Environment International**, v. 73, p. 150–157, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.07.020>. Acesso em: 21.04.2020.

SENGUPTA, D.; AGRAHARI, S. **Modelling trends in solid and hazardous waste management**. [S. l.: s. n.]. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-981-10-2410-8>. Acesso em: 15.04.2020.

SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DE MINAS GERAIS – SES-MG. **O Sistema Único de Saúde (SUS) | Secretaria de Estado de Minas Gerais**. Minas Gerais, 2020. Disponível em: <https://www.saude.mg.gov.br/sus#:~:text=O Sistema Único de Saúde,8.080%2F1990>. Acesso em: 27.06.2020.

SUPERINTENDÊNCIA DE LIMPEZA URBANA - SLU. **Portaria SLU nº 22, de 11 de Fevereiro de 2020**. Estabelece critérios de localização, físico-construtivos e de procedimentos de uso do sistema de armazenamento final de resíduos sólidos, no Município de Belo Horizonte e se aplica aos estabelecimentos comerciais, mistos, industriais e de prestação de serviços geradores de resíduos com características de resíduos domiciliares, bem como aos estabelecimentos geradores de resíduos de serviços de saúde, para fins de elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Especiais – PGRSE ou de Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde – PGRSS. Belo Horizonte: Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura, 2020. Acesso em: 27.06.2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. 17º ed. Brasília,: Ministério do Desenvolvimento Regional Secretaria Nacional de Saneamento, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>. Acesso em: 27.06.2020.

SPINDOLA, S. R.; MOURA, J. M. B. M. de. Produção E Composição Dos Resíduos De Serviço De Saúde Em Hospitais Do Vale Do Itajaí. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 18, n. 2, p. 16, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.7867/1983-1501.2016v18n2p16-24>.

Acesso em: 27 jul. 2020. Acesso em: 13.02.2021.

TABASI, R.; MARTHANDAN, G. Clinical Waste Management : A Review on Important Factors in Clinical Waste Generation Rate. **Internatioanal Journal of Science and Technology**, 2013. Acesso em: 15.04.2020.

TEIXEIRA, M. V.; ECHEVARRÍA-GUANILO, M. E.; KNUTH, F. G.; CEOLIN, T. Assessment of The Waste Management in Basic Health Units From a South Brazilian City / Avaliação da Gestão dos Resíduos em Unidades Básicas de Saúde de um Município Sul-Brasileiro. **Revista de Pesquisa: Cuidado é Fundamental Online**, v. 10, n. 3, p. 824, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.9789/2175-5361.2018.v10i3.824-831>. Acesso em: 09.02.2020.

TESFAHUN, E.; KUMIE, A.; BEYENE, A. Developing models for the prediction of hospital healthcare waste generation rate. **Waste Management and Research**, v. 34, n. 1, p. 75–80, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0734242X15607422>. Acesso em: 06.06.2020.

TESFAHUN, E.; KUMIE, A.; LEGESSE, W.; KLOOS, H.; BEYENE, A. Assessment of composition and generation rate of healthcare wastes in selected public and private hospitals of Ethiopia. **Waste Management and Research**, v. 32, n. 3, p. 215–220, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0734242X14521683>. Acesso em: 06.06.2020.

THAKUR, Y.; KATOCH, S. S. Annual Pattern of Biomedical Waste Generation and the Seasonal Variation. **International Journal of Scientific & Engineering Research**.v. 6, n. 5, p. 1373–1376, 2015.

THIEL, C. L.; FIORIN CARVALHO, R.; HESS, L.; TIGHE, J.; LAURENCE, V.; BILEC, M. M.; BARATZ, M. Minimal Custom Pack Design and Wide-Awake Hand Surgery: Reducing Waste and Spending in the Orthopedic Operating Room. **Hand**, v. 14, n. 2, p. 271–276, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1558944717743595>. Acesso em: 20.04.2020.

UNGER, S.; LANDIS, A. Assessing the environmental, human health, and economic impacts of reprocessed medical devices in a Phoenix hospital's supply chain. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 1995–2003, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.144>. Acesso em: 19.06.2021.

VACCARI, M.; MONTASSER, W.; TUDOR, T.; LEONE, L. Environmental audits and process flow mapping to assess management of solid waste and wastewater from a healthcare facility: an Italian case study. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, n. 5, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5940-4>. Acesso em: 13.04.2020.

VACCARI, M.; TUDOR, T.; PERTEGHELLA, A. Costs associated with the management of waste from healthcare facilities: An analysis at national and site level. **Waste Management and Research**, v. 36, n. 1, p. 39–47, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0734242X17739968>. Acesso em: 13.02.2020.

VALÉRIO, M. C.; CASTANHEIRA, N. P. Análise quali-quantitativa do lixo produzido em hospital público do Paraná: viabilidade econômica através da correta segregação de materiais recicláveis. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, p. 44–65, 2013. Disponível em: <http://www.uninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/239>. Acesso em: 13.02.2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Status of health-care waste management in selected countries of the Western Pacific Region**. [S. l.]: Manila: WHO Regional Office for the Western Pacific, 2015. Acesso em: 06.03.2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. Safe management of wastes from health-care activities: a summary. P. 26, 2017. Disponível em: <http://apps.who.int/bookorders.%0Ahttp://apps.who.int/iris/bitstream/10665/259491/1/WHO-FWC-WSH-17.05-eng.pdf?ua=1>. Acesso em: 10.12.2020.

WINDFELD, E. S.; BROOKS, M. S. L. Medical waste management – A review. **Journal of Environmental Management**, v. 163, p. 98–108, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.08.013>. Acesso em: 13.02.2020.

YASIR, A. A. Environmental impact of pharmaceuticals and personal care products. **Journal of Global Pharma Technology**, v. 9, n. 9, p. 58–64, 2017. Acesso em: 06.06.2020.

ZAJAC, M.; FERNANDES, R.; DAVID, C.; AQUINO, S. Logística Reversa de Resíduos da Classe D em Ambiente Hospitalar: Monitoramento e Avaliação da Reciclagem no Hospital Infantil Cândido Fontoura. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 1, p. 78–93, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/geas.v5i1.326>. Acesso em: 24.03.2021.

ZAMONER, M. Modelo para avaliação de planos de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (PGRSS) para Secretarias Municipais da Saúde e/ou do Meio Ambiente. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 13, n. 6, p. 1945–1952, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232008000600030>. Acesso em: 20.04.2021.