

**Análise da destinação de resíduos sólidos industriais no Estado de Minas Gerais entre os anos de 2011 e 2016**

**Analysis of destination of industrial solid waste in the state of Minas Gerais between the years of 2011 and 2016**

**Análisis del destino de residuos sólidos industriales en el Estado de Minas Gerais entre los años 2011 y 2016**

**Mateus Dias Andrade**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8909-8793>

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: [andrademateus@yahoo.com](mailto:andrademateus@yahoo.com)

**Patrícia Carla Santos**

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: [patricia.kayo04@yahoo.com.br](mailto:patricia.kayo04@yahoo.com.br)

**Juni Cordeiro**

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: [juni.cordeiro@funcesi.br](mailto:juni.cordeiro@funcesi.br)

**Cibele Andrade de Alvarenga**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7161-2782>

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: [cibele.alvarenga@funcesi.br](mailto:cibele.alvarenga@funcesi.br)

**Charles Ianne Ferreira dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7914-0027>

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: [charles.ianne@funcesi.br](mailto:charles.ianne@funcesi.br)

**José Luiz Cordeiro**

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: [jluiz.cordeiro@funcesi.br](mailto:jluiz.cordeiro@funcesi.br)

Recebido: 17/12/2018 | Revisado: 18/12/2018 | Aceito: 19/12/2018 | Publicado: 21/12/2018

**Resumo**

O crescimento da economia contribui para o desenvolvimento de processos produtivos, aumentando, conseqüentemente, a geração de resíduos, que por sua vez demandam um

gerenciamento adequado de forma a minimizar os impactos negativos envolvendo a sua disposição no meio ambiente. Assim, este trabalho objetivou analisar a destinação dos resíduos sólidos industriais no Estado de Minas Gerais entre os anos de 2011 e 2016. Para tal, utilizou-se uma abordagem quantitativa, empregando a pesquisa documental baseada nos Inventários de Destinação de Resíduos Sólidos Industriais de Minas Gerais elaborado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM), referente aos anos de 2011 a 2016. Verificou-se que houve redução na quantidade gerada de resíduos, de cerca de 210,9 milhões de toneladas em 2011 para 49,3 milhões de toneladas em 2016. Percebeu-se que as formas mais utilizadas de destinação foram a fertirrigação, caldeira, reutilização externa, reciclagens interna e externa, barragem de rejeito e incorporação em solo agrícola. Neste contexto, destaca-se a importância relacionada à compreensão adequada do processo produtivo, seus impactos negativos e a busca contínua por estratégias e ações que minimizem tais efeitos, visando a conformidade com a legislação vigente e o reaproveitamento de materiais.

**Palavras-chave:** Atividades industriais; Gerenciamento de resíduos sólidos; Impactos ambientais; Políticas ambientais.

### **Abstract**

The growth of the economy contributes to the development of productive processes, increasing, consequently, the generation of waste, which in turn demand an adequate management to minimize the negative impacts involving its disposition in the environment. Thus, this work aimed to analyze the destination of industrial solid waste in the State of Minas Gerais between the years 2011 and 2016. For this, a quantitative approach was used, using documentary research based on the Inventories of Disposal of Industrial Solid Waste of Minas Gerais prepared by the State Foundation for the Environment (FEAM), for the years 2011 to 2016. There was a reduction in the amount of waste generated, from about 210.9 million tons in 2011 to 49.3 million tons in 2016. It was noticed that the most used forms of destination were the Fertigation, Boiler, External Reutilization, Internal and External Recycling, Reject Dam and Incorporation in agricultural soil. In this context, the importance related to the proper understanding of the productive process, its negative impacts and the continuous search for strategies and actions that minimize these effects are highlighted, aiming at compliance with the current legislation and the reuse of materials.

**Keywords:** Industrial Activities; Solid waste management; Environmental impacts; Environmental policies.

## Resumen

El crecimiento de la economía contribuye al desarrollo de procesos productivos, aumentando, consecuentemente, la generación de residuos, que a su vez demandan una gestión adecuada para minimizar los impactos negativos involucrando su disposición en el medio ambiente. Así, este trabajo objetivó analizar el destino de los residuos sólidos industriales en el Estado de Minas Gerais entre los años 2011 y 2016. Para ello, se utilizó un abordaje cuantitativo, empleando la investigación documental basada en los Inventarios de Destino de Residuos Sólidos Industriales de Minas De acuerdo con lo establecido en la Ley Orgánica del Poder Legislativo, en el marco de la reforma agraria, en 2016. Se percibió que las formas más utilizadas de destino fueron la fertirrigación, caldera, reutilización externa, reciclajes interna y externa, represa de rechazo e incorporación en suelo agrícola. En este contexto, se destaca la importancia relativa a la comprensión adecuada del proceso productivo, sus impactos negativos y la búsqueda continua por estrategias y acciones que minimicen tales efectos, visando la conformidad con la legislación vigente y el reaprovechamiento de materiales.

**Palabras clave:** Actividades industriales; Gestión de residuos sólidos; Impactos ambientales; Políticas ambientales.

## 1. Introdução

O crescimento da economia gera o aumento do consumo que, por consequência, aumenta a utilização de matéria-prima e a geração de resíduos. Neste sentido, pode-se salientar que o progresso vem acompanhado de potenciais impactos ambientais negativos devido à maior geração de resíduos que são depositados de maneira inapropriada (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2018).

Segundo a Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), os resíduos sólidos correspondem a todo objeto, material, substância ou bem descartado, resultantes de atividades antrópicas (BRASIL, 2010). Além disso, esses resíduos podem ser classificados, quanto a sua periculosidade, em resíduos perigosos e não perigosos.

De acordo com a Norma Brasileira (NBR) 10004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os resíduos sólidos classificados como perigosos (classe I) são aqueles que apresentam periculosidade, e em razão de sua natureza, apresentam características de inflamabilidade, toxicidade, corrosividade e patogenicidade (ABNT, 2004).

Os resíduos sólidos denominados não perigosos (classe II) são aqueles que podem apresentar características como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, porém,

não se enquadram nas classificações de resíduos sólidos perigosos. Estes resíduos podem ser subdivididos na classe IIA, não inertes, que possuem propriedades, como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água; e classe IIB, inertes, correspondendo à quaisquer resíduos que, quando amostrados à temperatura ambiente e submetidos a um contato estático e dinâmico com água destilada, não apresentam nenhum de seus componentes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se as propriedades como cor, turbidez, sabor, aspecto e dureza (ABNT, 2004).

Por sua vez, a PNRS, em seu artigo 13, define resíduos sólidos industriais “como aqueles resultantes dos processos produtivos e instalações industriais”, incluindo também material considerado perigoso, que necessita de tratamento especial dado o seu elevado potencial para desencadear impactos negativos ambientais e à saúde (BRASIL, 2010, Art. 13). Já a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 313/2002, define resíduo sólido industrial como sendo “todo resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semissólido, gasoso - quando contido, e líquido – cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d’água” (BRASIL, 2002, Art. 2º).

Assim sendo, é possível perceber que a disposição inapropriada de alguns desses materiais pode gerar a deterioração das águas, do ar ou do solo, uma vez que se possibilita o arraste de contaminantes associados aos resíduos pela água, promovendo a lixiviação ou a solubilização destes compostos (ZULAUF, 1977).

Para minimizar os impactos ambientais negativos associados aos resíduos sólidos deve-se buscar o gerenciamento adequado destes. A PNRS define o gerenciamento de resíduos sólidos como o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final, ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Entretanto, o gerenciamento dos resíduos nas empresas é uma atividade complexa, pois, engloba fatores como o mapeamento dos resíduos gerados, a viabilidade técnica e econômica de prevenção e minimização da geração dos resíduos, seu segregamento, classificação, identificação e armazenamento de maneira adequada até sua destinação final (ANDRADE; CHIUVITE, 2004). Faz-se importante destacar que este processo adquire vantagens econômicas com a utilização de coprodutos, que correspondem aos resíduos secundários gerados durante o processo de fabricação e que podem ser reutilizados de forma lucrativa, sendo reaproveitados em outros setores ou indústrias (URBANO, 2018).

Neste contexto, insere-se o parque industrial do Estado de Minas Gerais que detém o

terceiro maior Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, ficando atrás apenas dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2018). Assim, este trabalho objetivou analisar a quantidade e a destinação dos resíduos sólidos industriais no Estado de Minas Gerais entre os anos de 2011 e 2016.

## **2. Metodologia**

Esta pesquisa utilizou uma abordagem quantitativa que, conforme Botelho e Cruz (2013), corresponde a um método de pesquisa social que emprega técnicas, que partem do princípio de que tudo pode ser mensurado, transformando em números, opiniões e informações para, a seguir serem analisadas e classificadas. Desta forma, nesta pesquisa, buscou-se analisar a destinação dos resíduos sólidos industriais no estado de Minas Gerais entre os anos de 2011 e 2016.

Quanto ao método de pesquisa, foi utilizada a pesquisa documental, utilizando-se como instrumento de coleta de dados os Inventários de Resíduos Sólidos Industriais referentes ao período compreendido entre os anos de 2011 e 2016, elaborados pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) e disponíveis no website [www.feam.br](http://www.feam.br). De acordo com Gil (2008), a pesquisa documental é muito semelhante à pesquisa bibliográfica, sendo diferenciada desta pelos objetivos, uma vez que, a pesquisa documental possui objetivos mais específicos do que a pesquisa bibliográfica.

Para o tratamento de dados deste trabalho foi utilizada a estatística descritiva, que segundo com Guedes *et al.* (2018), objetiva sintetizar uma série de valores de natureza semelhante, permitindo obter uma visão global da variação destes, organizando e descrevendo os dados por meio de tabelas, gráficos e medidas descritivas. Assim, a utilização de tabelas e gráficos nesta pesquisa permitiu analisar a destinação dos resíduos sólidos industriais no Estado de Minas Gerais entre os anos de 2011 e 2016.

## **3. Resultados e discussão**

O Inventário de Resíduos Sólidos Industriais é uma ferramenta por meio da qual empreendedores que desenvolvem atividades industriais apresentam informações sobre os resíduos gerados em seus empreendimentos, tais como quantidade de resíduos gerados, formas de armazenamento, forma de transporte, tipo de tratamento empregado e forma de disposição destes (MINAS GERAIS, 2009).

Conforme a Deliberação Normativa (DN) do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº 90/2005, indústrias classificadas de acordo com a DN COPAM nº 217/2017 nas classes 5 e 6 devem apresentar anualmente o inventário de resíduos sólidos, enquanto aquelas classificadas nas classes 3 e 4 devem apresentar a cada dois anos (MINAS GERAIS, 2017).

Esta classificação está relacionada à análise do porte do empreendimento associada ao seu potencial poluidor. Assim, de acordo com o Quadro 1, tem-se que os empreendimentos podem ser classificados como Classe 1, Classe 2, Classe 3, Classe 4, Classe 5 ou Classe 6.

Quadro 1 - Classificações das empresas conforme potencial gerador de resíduos

PORTE	Potencial Poluidor			
	Insignificante	Baixo	Médio	Alto
<b>Mínimo</b>	Classe 1	Classe 2	Classe 2	Classe 3
<b>Pequeno</b>	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
<b>Médio</b>	Classe 2	Classe 2	Classe 4	Classe 5
<b>Grande</b>	Classe 2	Classe 3	Classe 5	Classe 6
<b>Excepcional</b>	Classe 3	Classe 4	Classe 6	Classe 6

Fonte: MINAS GERAIS, 2017.

Desta maneira, faz-se importante salientar que os empreendimentos que declararam seus resíduos nos anos de 2011, 2013 e 2015 foram aqueles enquadrados nas classes 3, 4, 5 e 6, totalizando 3284 declarações (Tabela 1). Por outro lado, tem-se nos anos de 2012, 2014 e 2016 a declaração acerca da destinação dos empreendimentos pertencentes às classes 5 e 6, correspondendo a 1323 registros (Tabela 2).

Tabela 1 - Quantidade de empresas inventariadas por tipologia nos anos de 2011, 2013 e 2015  
 – Classes 3, 4, 5 e 6

Tipologia	Qde	Ano base 2015 (%)	Qde	Ano base 2013 (%)	Qde	Ano base 2011 (%)
B-01 - Indústria de produtos Minerais Não-Metálicos	182	16,44	222	20,29	241	22,232
B-02 - Siderurgia com Redução de Minério	40	3,61	45	4,11	44	4,059
B-03 - Indústria Metalúrgica - Metais Ferrosos	44	3,97	47	4,3	55	5,074
B-04 - Indústria Metalúrgica - Metais não Ferrosos	35	3,16	35	3,2	36	3,321
B-05 - Indústria Metalúrgica – Fabricação de artefatos	69	6,23	65	5,94	66	6,089
B-06 - Indústria Metalúrgica - Tratamentos Térmicos, Químicos e Superficial	6	0,54	7	0,64	5	0,461
B-07 - Indústria Mecânica	31	2,8	28	2,56	25	2,307
B-08 - Indústria de Material Eletro-eletrônico	39	3,52	35	3,2	31	2,859
B-09 - Indústria de Material de Transporte	61	5,51	58	5,3	55	5,166

B-10 - Indústria da Madeira e de Mobiliário	67	6,05	60	5,48	56	5,166
C-01 - Indústria de Papel e Papelão	18	1,63	17	1,55	19	1,753
C-02 - Indústria da Borracha	24	2,17	26	2,38	25	2,306
C-03 - Indústria de Couros e Peles	26	2,35	23	2,1	26	2,399
C-04 - Indústria de Produtos Químicos	138	12,47	128	11,7	105	9,686
C-05 - Indústria de Produtos Farmacêuticos e Veterinários	25	2,26	25	2,29	23	2,122
C-07 - Indústria de Produtos de Matérias Plásticas	21	1,9	24	2,19	15	1,384
C-08 - Indústria Têxtil	51	4,61	49	4,48	59	5,443
C-09 - Indústria de Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos em Couros	91	8,22	78	7,13	72	6,642
C-10 - Indústrias Diversas	15	1,36	17	1,55	15	1,384
D-02-08-9 - Destilação de Álcool	30	2,71	28	2,56	31	2,859
F-05 - Processamento, Beneficiamento, Tratamento e/ou Disposição Final de Resíduos	94	8,49	77	7,04	79	7,288
<b>Total</b>	<b>1107</b>	<b>100</b>	<b>1094</b>	<b>100</b>	<b>1083</b>	<b>100</b>

Fonte: FEAM, 2011, 2013, 2015.

Ainda com relação ao número de empresas que cadastraram inventários entre os anos 2011 a 2016, apenas quando comparados os anos de 2014 e 2016 foi possível notar uma redução de 12% no número de empresas (de 461 para 414 empresas), o que pode ter contribuído para a redução da quantidade de resíduos gerados comparando-se estes dois anos. Nos demais períodos analisados é possível observar nas tabelas 1 e 2 que houve acréscimo no número de empreendimentos inventariados.

Tabela 2 - Quantidade de empresas inventariadas por tipologia nos anos de 2012, 2014 e 2016 – Classes 5 e 6

Tipologia	Qde	Ano base		Ano base		Ano base	
		2016 (%)	Qde	2014 (%)	Qde	2012 (%)	
B-01 - Indústria de produtos Minerais Não-Metálicos	33	7,97	54	11,56	53	11,99	
B-02 - Siderurgia com Redução de Minério	42	10,14	44	9,42	44	9,95	
B-03 - Indústria Metalúrgica - Metais Ferrosos	13	3,14	13	2,78	13	2,94	
B-04 - Indústria Metalúrgica - Metais não Ferrosos	13	3,14	16	3,43	16	3,62	
B-05 - Indústria Metalúrgica - Fabricação de artefatos	23	5,56	21	4,5	23	5,2	
B-06 - Indústria Metalúrgica - Tratamentos Térmicos, Químicos e Superficial	2	0,48	2	0,43	3	0,68	
B-07 - Indústria Mecânica	13	3,14	14	3	14	3,17	
B-08 - Indústria de Material Eletro-eletrônico	10	2,42	12	2,57	12	2,71	
B-09 - Indústria de Material de Transporte	35	8,45	37	7,92	40	9,05	

B-10 - Indústria da Madeira e de Mobiliário	38	9,18	26	5,57	22	4,98
C-01 - Indústria de Papel e Papelão	10	2,42	9	1,93	4	0,9
C-02 - Indústria da Borracha	6	1,45	7	1,5	7	1,58
C-03 - Indústria de Couros e Peles	11	2,66	11	2,36	10	2,26
C-04 - Indústria de Produtos Químicos	31	7,49	28	6	31	7,01
C-05 - Indústria de Produtos Farmacêuticos e Veterinários	15	3,62	19	4,07	17	3,85
C-07 - Indústria de Produtos de Matérias Plásticas	6	1,45	9	1,93	6	1,36
C-08 - Indústria Têxtil	34	8,21	40	8,57	39	8,82
C-09 - Indústria de Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos em Couros	16	3,86	17	3,64	16	3,62
C-10 - Indústrias Diversas	7	1,69	5	1,07	7	1,58
D-02-08-9 - Destilação de Álcool	26	6,28	29	6,21	29	6,56
F-05 - Processamento, Beneficiamento, Tratamento e/ou Disposição Final de Resíduos	30	7,25	34	7,28	36	8,14
<b>Total</b>	<b>414</b>	<b>100</b>	<b>461</b>	<b>95,74</b>	<b>442</b>	<b>100</b>

Fonte: FEAM, 2012, 2014, 2016.

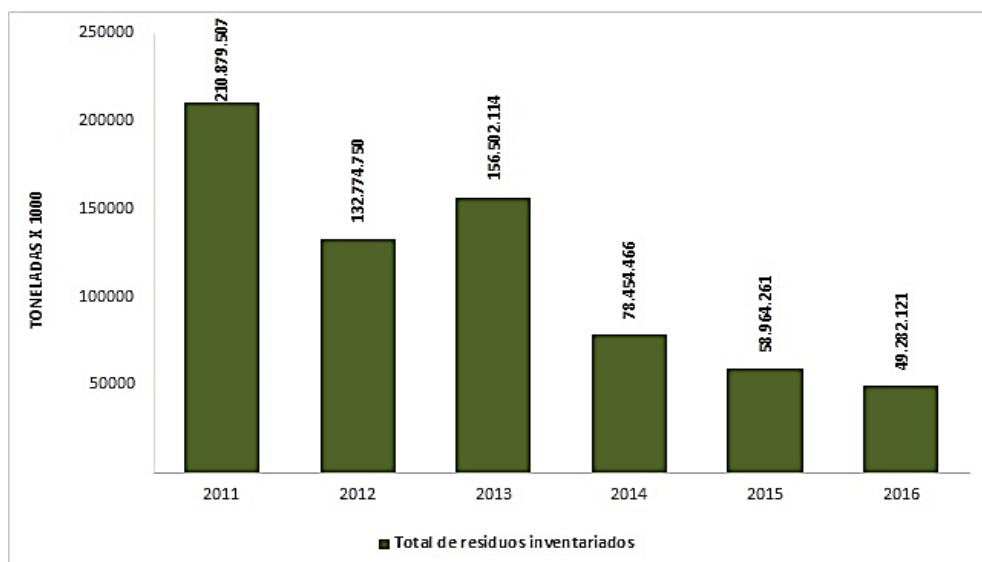
Destaca-se que nas tabelas 1 e 2, as letras B, C, D e F no item tipologia, correspondem à codificação dos empreendimentos industriais de acordo com seu produto final ou a tipologia das atividades ou empreendimentos considerados de impacto ambiental local, estabelecida pela DN COPAM nº 217/2017 (MINAS GERAIS, 2017).

Entre as tipologias de empresas que mais se destacaram na apresentação de inventário ao longo do período analisado, podem ser salientadas a B-01- Indústria de produtos minerais não metálicos, com 785 empresas; C-04- Indústria de produtos químicos, com 461 empresas; F-05-Processamento, beneficiamento, tratamento e/ou disposição final de resíduos, com 700 empresas; C-09-Indústria de vestuário, calçados e artefatos de tecidos em couro, com 290 empresas e B-09- Indústria de material de transporte, com 286 empresas.

Quanto à quantidade de resíduos inventariados entre os anos de 2011 a 2016, verificou-se uma queda na quantidade de resíduos gerados por empreendimentos classes 3, 4, 5 e 6, uma vez que, em 2011 observou-se um total de 210,88 milhões de toneladas e em 2015 um total de 58,96 milhões de toneladas (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Quantidade de resíduos industriais inventariados entre os anos de 2011 e 2016 no Estado de Minas Gerais



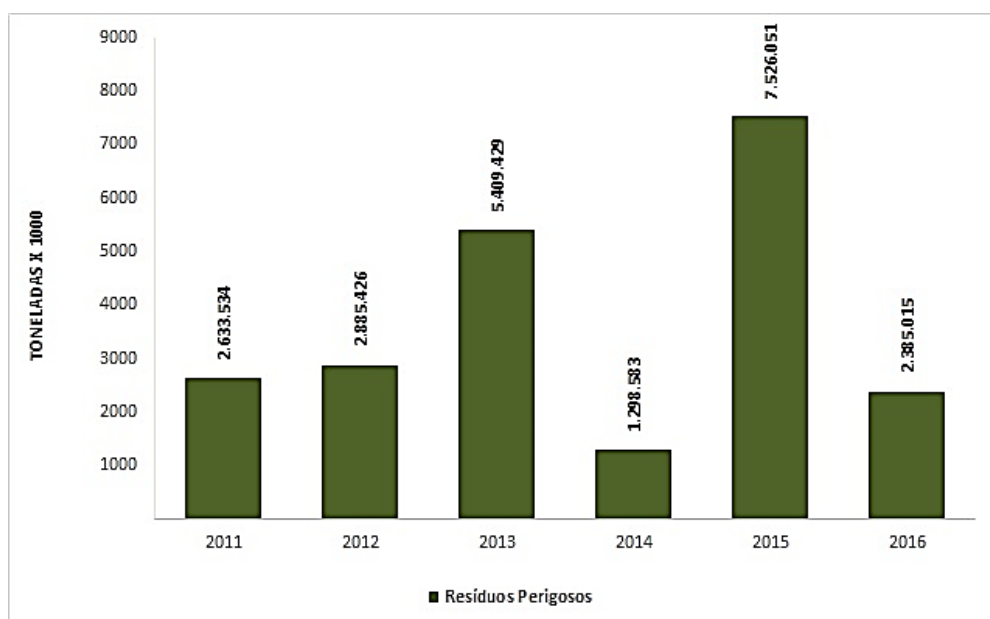


Fonte: FEAM, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016.

O Gráfico 2 apresenta a relação comparativa de geração de resíduos perigosos e não perigosos no período estudado. Nos anos em que o cadastro foi realizado pelos empreendimentos classe 3, 4, 5 e 6 é possível observar crescimento na quantidade total de resíduos gerados, os quais passaram de 1,25% em 2011 para 3,46% em 2013 e 12,76% em 2015, ano em que se registrou a maior quantidade de resíduos perigosos gerados, correspondendo a 7,5 milhões de toneladas.

Nos anos em que o cadastro de inventário foi realizado por empreendimentos classe 5 e 6, observa-se uma redução na quantidade de resíduos perigosos gerados, de 2,8 milhões de toneladas, em 2012, para 2,3 milhões de toneladas em 2016. Por outro lado, verificou-se uma maior parcela destes com relação à quantidade total de resíduos gerados, de 2,17% em 2012, para 4,84% em 2016.

Gráfico 2 - Quantidade de resíduos perigosos inventariados entre os anos de 2011 e 2016 no Estado de Minas Gerais



Fonte: FEAM, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016.

Os resíduos de origem industrial podem apresentar grande potencial de risco para o meio ambiente. Assim, a correta classificação dos resíduos sólidos determina os cuidados com o seu manuseio, armazenamento, transporte e destinação final. Destaca-se que, para o gerenciamento dos resíduos industriais considerados perigosos de forma segura para o meio ambiente, é necessário que as empresas obtenham licença de operação (SALES, 2017).

Segundo Camera (2010) os temas ambientais nas indústrias estão cada vez mais importantes por se tratar de um fator de competição no comércio de seus produtos. Assim, as empresas que não possuem práticas de sustentabilidade estão ficando em posição de desvantagem no mercado nacional.

Quanto à geração de resíduos perigosos, grande parte do seu aumento se deve à geração dos resíduos classificados como “lama arsenical” equivalente a cerca de 8% do valor total de geração de resíduos industriais e 62% dos resíduos perigosos. Entre os resíduos perigosos mais gerados no Estado de Minas Gerais, têm-se os resíduos oleosos, do sistema separador de água e óleo, com geração equivalente a 25% do total e a lama terciária, resíduo oriundo da indústria metalúrgica que representa o equivalente a 12% do total anual dos anos analisados (Tabela 3).

Faz-se importante salientar que a lama arsenical, apesar de verificada apenas no ano 2015, sua quantidade mostrou-se significativa, sendo responsável por 29% da quantidade

gerada neste ano. Já a lama terciária, que correspondeu a 12,5% da quantidade inventariada, foi gerada em todo o período analisado, destacando-se assim em relação aos demais resíduos (Tabela 3).

Tabela 3 - Resíduos perigosos mais gerados e os anos de 2011 e 2016 no Estado de Minas Gerais

Resíduos	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total Geral	% Individual	% Acumulado
Lama Arsenical					4.677.125,0 t		4.677.125,0 t	29,00%	29,00%
Lama Terciária	300802,9 t	282.547,0 t	294.213,6 t	274.987,1 t	282.120,7 t	576.020,6 t	2.010.691,8 t	12,50%	41,50%
Resíduo de Bauxita	372718,8 t	375.222,3 t	405.789,2 t	225.241,9 t			1.378.972,2 t	8,50%	50,00%
Rejeito Mineral Cianetado			1.043.970,2 t				1.043.970,2 t	6,50%	56,50%
Rejeito Cianetado		1.018.858,0 t					1.018.858,0 t	6,30%	62,80%
Rejeito Mineral Concentrado Sulfetado	971.277,0 t						971.277,0 t	6,00%	68,80%
Resíduos resultantes da incineração ou Tratamento térmico de Solo contaminado com resíduos F020, F021, F022, F023, F026 ou F027.		427.463,5 t					427.463,5 t	2,70%	71,50%
Água residuária contaminada					424.707,5 t		424.707,5 t	2,60%	74,10%

Fonte: FEAM, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016.

A lama arsenical é proveniente de atividades que utilizam em seu processo produtivo o arsênio, tais como empreendimentos mineradores. O arsênio proveniente do minério, na etapa de ustulação, é evaporado na forma de trióxido de arsênio, sendo absorvido em fase aquosa nas torres de lavagem de gases e por fim extraído por meio de técnicas de coprecipitação com ferro e neutralização com cal (PANTUZZO; CIMINELLI, 2007).

Os resíduos sólidos resultantes (lamas arsenicais) são então dispostos em canais impermeabilizados, escavados na superfície do terreno, situadas na área de influência da usina. Em função do risco potencial que os resíduos arsenicais e os rejeitos representam ao ambiente, suas estabilidades de curto e longo prazo têm sido estudadas (PANTUZZO; CIMINELLI, 2007).

Dentre os resíduos perigosos mais comumente gerados no Estado de Minas Gerais em 2016 (Tabela 3) pode ser ressaltada a lama terciária, resíduo oriundo da indústria metalúrgica. Esta lama corresponde ao produto resultante do tratamento de águas residuais geradas pelo acúmulo de substâncias suspensas na água residual afluyente (VICTOR, 2010). De acordo com Victor (2010), as lamas terciárias são caracterizadas pela presença abundante de nutrientes e matéria orgânica, tornando-se, dessa forma, uma alternativa viável e mais econômica que os adubos químicos empregados na fertilização do solo.

Em oposição à sua inutilização ou destruição, a valorização agrícola das lamas, considerando o seu potencial fertilizante, é considerada por muitos países como a solução mais apropriada para o crescente aumento da produção desse material. Assim, a sua deposição

final é amparada por uma legislação adequada que incentiva sempre que possível a sua reutilização (VICTOR, 2010).

No Estado de Minas Gerais há diversas formas de destinação dos resíduos industriais. Assim, considerando os dados referentes ao ano de 2016, três categorias de destinação se destacaram: a fertirrigação, correspondendo a 22,13%; caldeira, responsável por 17,36% e a reutilização externa, responsável por 15,96% das destinações (Tabela 4).

Tabela 4 - Principais formas de destinação de resíduos gerados no Estado de Minas Gerais entre os anos de 2011 e 2016

Destinação	Ano/volume (%)					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Fertirrigação	4,96	5,12	5,43	7,79	16,78	22,13
Caldeira	6,04	7,38	6,21	10,81	13,29	17,36
Reutilização externa		-	21,91	4,48	14,31	15,96
Reciclagem externa		-	3,53	4,77	9,31	7,88
Barragem de rejeito	48,92	47,07	43,02	12,66	7,52	7,21
Incorporação em solo agrícola	33,45	0,67	4,74	6,12	5,1	6,72
Reciclagem interna	0,99	0,87	1,04	1,24	-	4,83
Aterro industrial próprio	1,26	5,08	1,15	5,63	1,12	1,54
Reutilização interna	0,52	-	1,27	1,86	6,27	0,97
Formulação de blend de resíduos		0,23	-	1,12	-	0,86
Compostagem		0,28	0,39	-	1,58	0,85
Incineração		0,64	0,84	0,61	2,27	0,73
Utilização em formulação de ...		-	-	-	-	0,62
Aterro industrial terceiros		-	1,59	1,23	5,47	0,57
Outros	2,3	-	1,96	1,15	1,7	4,61
Co-processamento em fornos...		-	1,07	1,18	5,54	-
Aterros sanitário Municipal		-	-	-	1,73	-
Tratamento biológico		-	-	-	1,64	-
Rerefino		-	-	-	1,52	-
Sucateiro intermediários		-	-	-	1,25	-
Descontaminação		-	-	-	0,62	-
Retorno ao processo		-	-	-	0,52	-
Pilha de estéril	1,27	8,39	4,17	38,21	-	-
Encapsulamento/Fixação Química		-	0,71	-	-	-
Bota fora particular		15,92				
Beneficiamento		0,54				
Tanque específico	0,79					

Fonte: FEAM, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016.

A destinação para caldeira apresentou maior crescimento nas formas de destinação a partir de 2014, apresentando, sequencialmente nos anos de 2015 e 2016, um crescimento de aproximadamente 4%. Já a destinação para reutilização/reciclagem externa teve seu início no ano de 2013 quando apresentou 25,44% do total das formas de destinação. Entretanto, no ano de 2014 houve redução para 9,25%, apresentando aumento novamente entre 2015 e 2016, correspondendo a aproximadamente 24% da soma total das duas formas de destinação (Tabela 4).

A fertirrigação é um procedimento que viabiliza o uso racional de fertilizantes na agricultura irrigada, aumentando a eficiência do seu uso, além de flexibilizar a época de aplicação, podendo ainda ser fracionada de acordo com a necessidade da cultura. Na aplicação convencional, os nutrientes sólidos são colocados próximos a planta e na superfície do solo, havendo necessidade de irrigação ou de chuva para serem absorvidos pelo solo, podendo ou não ser interceptados pelo sistema radicular. Na fertirrigação, o alcance do fertilizante nas raízes das plantas ocorre de maneira reduzida, ou seja, devagar, dispensando assim a necessidade de diversas aplicações anuais, uma vez que, o fertilizante está misturado na água que será aplicada ao solo, compondo sua solução nutritiva (COELHO *et al.*, 2010).

A explicação do aumento crescente do uso da fertirrigação no período analisado pode estar associada à grande diversidade de fertilizantes solúveis disponíveis no mercado, ao constante incremento de área irrigada no Brasil, sob irrigação pressurizada e o custo de mão de obra rural na adubação convencional. Todos estes aspectos têm estimulado os produtores a adotarem a fertirrigação, já que os custos de implantação, comparados aos custos totais, e os benefícios viabilizam o seu uso (COELHO *et al.*, 2010).

As caldeiras ou geradores de vapor são equipamentos com função basicamente de produzir vapor através do aquecimento de água, a partir de uma fonte geradora de calor. Geralmente são utilizadas para alimentar máquinas como reatores e autoclaves, entre os mais distintos processos industriais, em galvanoplastias (ECAL CALDEIRAS, 2018).

A incorporação de resíduos em solo agrícola teve seu destaque no ano de 2011, quando representou 33,45% das formas de destinação utilizadas pelas indústrias (Tabela 4), exibindo nos anos sequenciais uma queda, representando no ano de 2016 cerca de 6% dessas.

Um exemplo para essa incorporação agrícola é a cinza de caldeira, que segundo Freitas (2005), quando, por exemplo, provenientes da agroindústria sucroalcooleira e produzidas em grandes quantidades, são ricas em sílica e nutrientes, além de não conter quantidades significativas de metais traço, podendo assim ser utilizadas como fertilizantes e não somente como material de descarte.

Assim, de acordo com Feitosa, Maltoni e Silva (2009), por apresentarem quantidades apreciáveis de nutrientes de plantas, estas cinzas de caldeira de bagaço de cana-de-açúcar, podem ser aproveitadas em solos de baixa fertilidade natural, melhorando assim suas características físico-químicas.

A destinação associada às barragens de rejeito foi significativa nos anos de 2011, 2012 e 2013, correspondendo, respectivamente a 48%, 47% e 43% das formas de destinação utilizadas no Estado de Minas Gerais (Tabela 4). Entretanto, é possível observar no ano de 2014 uma queda para 12%, correspondendo nos anos seguintes a apenas 7% das formas de destinação empregadas. Já a destinação em pilhas de estéril teve maior destaque em 2014, correspondendo a aproximadamente 38% das destinações, sendo que nos anos seguintes não houve essa forma de destinação.

As barragens de rejeito são estruturas construídas visando reter os materiais gerados no processo de beneficiamento mineral, que representam uma importante fonte de poluição. Desta forma sua construção, desde a escolha do local até o fechamento dessa barragem, deve seguir as normas ambientais e os critérios sociais, estruturais, econômicos, geotécnicos e de segurança e risco (LOZANO; ARTURO, 2006).

Destaca-se que na atividade minerária, existem dois tipos principais de resíduos sólidos: os rejeitos e os estéreis. Os rejeitos são resultantes dos processos de beneficiamento ao qual são submetidas às substâncias minerais, correspondendo às partículas sólidas originárias da moagem, da britagem, e eventualmente, do tratamento químico do minério (LOZANO; ARTURO, 2006). Já os estéreis são os materiais escavados, originados das atividades de extração (ou lavra) no decapeamento da mina que, por não possuírem valor econômico, ficam geralmente dispostos em pilhas (FEAM, 2010a; 2010b).

A quantificação do volume de resíduos sólidos originados da atividade minerária é bastante complexa devido a diversidade de tecnologias e operações utilizadas nos processos de extração e beneficiamento das substâncias minerais. Além do mais, as informações são dispersas entre diversas agências governamentais, tanto em âmbito federal quanto estadual, não existindo, por exemplo, um controle sistemático e em escala nacional acerca da quantidade de estéreis gerados pela atividade minerária. Somente a partir da iniciativa do estado de Minas Gerais, de elaborar inventários da geração de resíduos sólidos das atividades industriais e minerárias, é que fez saber que estes constituem entre 70% e 80% da massa de resíduos sólidos gerada pela atividade de mineração no Estado (FEAM, 2010a; 2010b).

Assim, considerando as formas de destinação dos resíduos industriais mais comuns nos anos analisados nesta pesquisa, verifica-se a utilização de subprodutos ou destinação

alternativa como a reciclagem, as quais podem se tornar comuns às indústrias, contribuindo para o desenvolvimento de sistemas sustentáveis, produção mais limpa e oferecendo destinações diferentes dos aterros.

#### 4. Conclusão

O processo de destinação de resíduos sólidos é uma importante etapa do gerenciamento de resíduos industriais nos empreendimentos, envolvendo processos de disposição, tratamento, reaproveitamento, reciclagem, entre outras, que variam de acordo com a característica dos resíduos e as tecnologias empregadas e licenciadas para sua destinação.

A declaração desses resíduos realizada por meio do inventário de resíduos sólidos industriais, apresentados à FEAM, correspondendo a uma ferramenta que auxilia na regulação da forma de envio destes resíduos para uma destinação final adequada, uma vez que este processo é registrado e apresentado ao órgão ambiental.

Assim, neste trabalho buscou-se analisar a quantidade de resíduos sólidos industriais, gerada no Estado de Minas Gerais entre os anos de 2011 e 2016, além de verificar a quantidade de resíduos perigosos em relação aos não perigosos e identificar os tipos de destinação de resíduos mais comumente empregados.

A classificação das empresas está relacionada ao porte do empreendimento e ao seu potencial poluidor. Assim, os empreendimentos podem ser classificados como Classe 1, Classe 2, Classe 3, Classe 4, Classe 5 ou Classe 6. Os empreendimentos que se enquadram nas classes 5 e 6, devem apresentar anualmente o inventário de resíduos sólidos, enquanto aquelas classificadas nas classes 3 e 4 devem apresentar a cada dois anos.

Verificou-se que uma maior quantidade de resíduos gerados no primeiro inventário, em 2011, já nos anos seguintes houve queda na geração desses. Destaca-se que do total de toneladas geradas em 2011, a grande maioria pertence à classe dos resíduos não perigosos.

Quanto aos resíduos perigosos, a maior quantidade gerada foi observada no ano de 2015, sendo que em 2016, houve redução na quantidade desses resíduos. Dentre os principais resíduos observados nesta análise, podem ser destacados a lama arsenical (observada apenas no ano de 2015), os resíduos oleosos do sistema separador de água e óleo e a lama terciária, os quais se enquadram nas classes 5 e 6, ou seja, empresas com maior potencial poluidor e, que entregam seu inventário anualmente.

Considerando as formas de destinação dos resíduos industriais mais comuns nos anos analisados, podem ser ressaltadas três categorias: a fertirrigação, a caldeira e a reutilização

externa.

Assim, recomenda-se a continuidade desta pesquisa, visando a análise dos resíduos industriais nos próximos anos, bem como das formas de destinação destes. Sugere-se ainda pesquisas relacionadas à avaliação da variação da quantidade dos resíduos gerados, buscando estabelecer relações com processos produtivos, tipo e quantidade de empreendimentos e emprego de novas tecnologias.

## Referências

ANDRADE, T. C. S., CHIUVITE, T. B.S. **Meio Ambiente: Um bom negócio para a indústria – Práticas de Gestão Ambiental**. 1. ed. São Paulo: Tocalino, 2004. 161 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.004: **Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro.

BOTELHO, J. M.; CRUZ, V. A. G. **Metodologia Científica**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 313 de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. **Diário Oficial da União**, nº 226, de 22/11/2002, págs. 85-91. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=335](http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=335)>. Acesso em: 23 out. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, de 02 de agosto de 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 18 mar. 2018.

CAMERA, R. L. **Proposta de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para uma empresa Metalúrgica da cidade de Ibirubá-RS, com base na Produção mais limpa**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade de Passo Fundo, RS, 2010.



COELHO, E. F.; COSTA, E. L.; BORGES, A. L.; ANDRADE NETO, T. M.; PINTO, J. M. **Fertirrigação**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.31, n.259, p.58-70, nov./dez. 2010.

ECAL CALDEIRAS. **Caldeiras**. Disponível em: <<https://www.ecal.com.br/categorias/caldeiras>>. Acesso em: 20 out. 2018.

FEITOSA, D. G.; MALTONI, K. L. e SILVA, I. P. F. Avaliação da cinza oriunda da queima do bagaço da cana-de-açúcar na substituição da adubação química convencional para produção de alimentos e preservação do meio ambiente. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 04. n. 02, p. 2412-2415, 2009.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, FEAM. **Inventário de resíduos sólidos industriais e minerários – Minas Gerais, ano-base 2008**. Belo Horizonte, Minas Gerais: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010a. 104 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, FEAM. **Inventário de resíduos sólidos industriais e minerários – Minas Gerais, ano-base 2009**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010b. 105p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, FEAM. **Inventário de resíduos sólidos industriais: ano base 2011**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2012.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, FEAM. **Inventário de resíduos sólidos industriais: ano base 2012**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2013.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, FEAM. **Inventário de resíduos sólidos industriais: ano base 2013**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2014.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, FEAM. **Inventário de resíduos sólidos industriais: ano base 2014**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, FEAM. **Inventário de resíduos sólidos industriais: ano base 2015**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2016.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, FEAM. **Inventário de resíduos sólidos industriais: ano base 2016**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2017.

FREITAS, E.S. **Caracterização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes para uso na construção civil**. Dissertação de Mestrado, Campos do Goytacazes. Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2005. 81 p.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUEDES, T. A.; MARTINS, A. B. T.; ACORSI, C. R. L.; JANEIRO, V. **Estatística Descritiva**. Projeto de Ensino. Aprender Fazendo Estatística. Disponível em: <[www.each.usp.br/rvicente/Guedes\\_etal\\_Estatistica\\_Descritiva.pdf](http://www.each.usp.br/rvicente/Guedes_etal_Estatistica_Descritiva.pdf)>. Acesso em: 22 out. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Contas Regionais 2016**: entre as 27 unidades da federação, somente Roraima teve crescimento do PIB. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/23038-contas-regionais-2016-entre-as-27-unidades-da-federacao-somente-roraima-teve-crescimento-do-pib>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais**. Relatório de Pesquisa, Brasília, 2018.

LOZANO, E.; ARTURO, F. **Seleção de locais para barragens de rejeitos usando o método de análise hierárquica**. Dissertação apresentada á Escola politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção de mestre em Engenharia Geotécnica. São Paulo, 2006.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº 136, de 22 de maio de 2009. Dispõe sobre a declaração de informações relativas

às diversas fases de gerenciamento dos resíduos sólidos industriais no Estado de Minas Gerais. Altera e complementa a Deliberação Normativa COPAM nº 90, de 15 de setembro de 2005, que dispõe sobre a declaração de informações relativas às diversas fases de gerenciamento dos resíduos sólidos industriais no Estado de Minas Gerais. **Diário do Executivo de Minas Gerais**. Belo Horizonte, de 2009. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=9417>>. Acesso em: 22 set. 2018.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº 217, de 06 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. **Diário do Executivo de Minas Gerais**. Disponível em: <[www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558](http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558)>. Acesso em: 22 out. 2018.

PANTUZZO, F. L.; CIMINELLI, V. S.T. **Protocolo de extração sequencial para avaliar o potencial de remobilização de arsênio a partir de Depósitos antigos de rejeito**. NovaS – Inovação e Serviços – Depto. Engenharia Metalúrgica e de Materiais – UFMG. XI CBGq – Atibaia - SP, outubro 2007. Disponível em: <[http://www.sbgq.org.br/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&download=1839&id=91:quantificacao-e-analises-geoquimicas](http://www.sbgq.org.br/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=1839&id=91:quantificacao-e-analises-geoquimicas)>. Acesso em: 22 out. 2018.

SALES, T. D. A importância do gerenciamento dos resíduos sólidos farmacêuticos. **Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - 13ª Edição, nº 013, Vol.01. Julho/2017** ISSN 2179-5568.

URBANO, J. **Disposição de resíduos**. Disponível em: <[http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe\\_artigo/191](http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/191)>. Acesso em: 18 mar. 2018.

VICTOR, A. M. F. **Valorização Agrícola de Lamas de ETAR: Enquadramento e Perspectivas Futuras**. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialidade de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de Coimbra. Coimbra, agosto de 2010.

ZULAUF, W. E. **Resíduos Sólidos Industriais**. In: Seminário de Utilidades, 2, 1977, São Paulo. CETESB-ABLP, 1977. p. 7. Disponível em: <[www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013\\_tn\\_sto\\_185\\_056\\_22743.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_tn_sto_185_056_22743.pdf)>. Acesso em: 29 mar. 2018.