

Roadmap tecnológico para o tratamento do resíduo borra de tinta

RESUMO

Fernanda Paula Manosso

Rejane Sartori

Wilker Caetano

A borra de tinta é um resíduo de alto teor de agentes tóxicos, presente em diversos ramos da indústria. A destinação mais conhecida desse resíduo são os aterros, que aferem alto dispêndio às empresas e impactos ambientais negativos. Assim, o desenvolvimento de tecnologias para o tratamento desse rejeito industrial é de extrema importância e o *Roadmap* apresenta uma metodologia eficiente para a prospecção de novos processos de tratamento. Desse modo, o objetivo deste artigo é apresentar um *Roadmap* Tecnológico para tratamento de borra de tinta. Trata-se de um estudo exploratório, qualitativo, elaborado a partir de dados bibliométricos. Foram utilizados artigos científicos e documentos de patentes. Os resultados revelam que, no médio e longo prazo, ocorre o aproveitamento do rejeito como aditivo em outros materiais. Em curto prazo, o processo de destinação final é determinante como forma de tratamento do resíduo. A contribuição deste estudo é apresentar tratamentos para o rejeito de tinta em curto, médio e longo prazo.

PALAVRAS-CHAVE: Borra de tinta. *Roadmap* tecnológico. Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

Produzidos em todos os estágios das atividades humanas, os resíduos, tanto em termos de composição como de volume, variam em função das práticas de consumo e dos métodos de produção. Antigamente, os resíduos eram essencialmente orgânicos e assim era possível depositá-los diretamente no solo, entretanto, após a Revolução Industrial, a evolução tecnológica proveu, além do aumento da qualidade de vida, o crescimento acelerado e desordenado da população mundial e, conseqüentemente, do montante de resíduos gerados por pessoa diariamente (SANTOS, 2011).

Nesta conjuntura, o resíduo denominado borra de tinta destaca-se dos outros rejeitos sólidos industriais devido a sua produção em diversos ramos da indústria, como fábricas de eletrodomésticos, implementos e automóveis. No Brasil, foram produzidas 460.056 toneladas desse resíduo em 2019 (IBAMA,2022).

Borra de tinta é um termo empregado para os resíduos gerados durante o processo de aplicação da tinta, geralmente por *spray* manual ou robotizado, em que a tinta não aderida à superfície da peça é coletada em exaustores que direcionam a névoa para as cortinas de água, localizadas na parede e na parte inferior das cabines de pintura (PRAXEDES, 2013). Esse resíduo possui alto teor de agentes tóxicos que, somados à sua inflamabilidade, caracterizam o material como perigoso, ou Classe I, conforme os requisitos da Norma Brasileira 10004:2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, que estabelece critérios para classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde do homem (ABNT, 2004).

Os impactos adversos no meio ambiente causados pelo resíduo de tinta são consequência dos componentes do material, como por exemplo, a grande quantidade de orgânicos voláteis dos solventes, que apresentam alta absorção pelo organismo humano por meio de inalação. Outro contaminante preocupante presente nesse resíduo de tinta é a concentração de metais oriundos dos corantes e pigmentos, que como mencionam Oga, Camargo e Batistuzzo (2014), apresentam efeito cumulativo no organismo, ocasionando doenças relacionadas a insuficiência renal e lesões cerebrais.

A destinação mais conhecida do resíduo da borra de tinta são os aterros especializados, que aferem um alto dispêndio às empresas. Esse fato é explorado em pesquisa realizada por Trigueiro (2012), que atribui um custo por tonelada, praticado pelas empresas de destinação de mil reais. Praxedes (2013) afirma que o custo anual de destinação desse resíduo é de aproximadamente meio milhão de reais. Esses dados sugerem uma real necessidade de aplicações de novas tecnologias a fim de reduzir gastos e impactos ambientais negativos no tratamento do resíduo borra de tinta.

Nesse contexto, a prospecção tecnológica é um caminho viável para o conhecimento e a identificação de tecnologias pujantes nessa área. Trata-se de uma forma de acompanhar as tendências tecnológicas e obter informações úteis para o desenvolvimento de inovações por meio de dados bibliométricos. Esses dados são estimuladores de pesquisas, indícios de tendências tecnológicas, táticas de proteção de mercados, lideranças setoriais e/ou distribuição de tecnologias (OBERZINER, 2016).

Entre as metodologias mais empregadas para a identificação e projeção de tecnologias futuras e desenvolvimento de competências e tecnologias essenciais para uma empresa está o *Roadmap* Tecnológico, que consiste em um plano tecnológico direcionado às necessidades da empresa, tendo como objetivo identificar, selecionar e desenvolver alternativas tecnológicas para as distintas demandas de produto (LEE; KIM; PHAAL, 2012). Trata-se de um documento visual que identifica os principais atores envolvidos e as referências centrais do mercado, produto e tecnologia ao longo do tempo, funcionando como uma ferramenta prospectiva e de tomada de decisão (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

Nesse contexto, o objetivo deste artigo é apresentar um *Roadmap* Tecnológico para o tratamento do rejeito de borra tinta, de forma a auxiliar a tomada de decisão dos geradores de resíduos, empresas de tratamento e empreendedores da área de gestão. A pesquisa é relevante, pois a geração de resíduos sólidos é considerada, na atualidade, um grave problema ambiental, social e econômico, devido à quantidade de rejeitos produzidos e aos impactos causados tanto no ambiente quanto na saúde da população, decorrentes de sua destinação.

Este artigo está estruturado em cinco seções. Além desta introdução, na seção seguinte são descritos os procedimentos metodológicos empregados. Na terceira seção são apresentados os resultados da pesquisa, seguidos da discussão. Por fim, na quarta seção são expostas as conclusões do estudo, seguidas das referências.

METODOLOGIA

Este estudo configura-se como exploratório, com abordagem qualitativa. O *Roadmap* Tecnológico foi elaborado conforme a metodologia de Borschiver e Silva (2016), que utiliza dados bibliométricos, pesquisados em publicações científicas e documentos de patentes, para o desenvolvimento da prospecção tecnológica, organizada em curto, médio e longo prazos.

O modelo contempla três etapas: pré-prospectiva, prospecção tecnológica e pós-prospectiva. A etapa pré-prospectiva se constitui em uma busca menos direcionada, procurando informações acerca do objeto de estudo. O intuito desta fase é estabelecer uma visão ampla do assunto para fundamentar a base teórica para as outras fases. A etapa de prospecção tecnológica é fundamentada na definição de palavras-chaves e pesquisas em documentos técnicos (artigos científicos e patentes), seguida de uma análise profunda em relação à identificação dos autores ou depositantes, local de origem e objeto de estudo. Por fim, a etapa pós-prospectiva conta com a classificação das tendências em função do mercado, produto e tecnologia, bem como na avaliação de aspecto e impacto ambiental em razão da importância destes fatores para o tratamento de resíduos. A classificação é organizada em uma escala de tempo (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

Assim, na fase pré-prospectiva foi realizada uma pesquisa exploratória em artigos científicos relacionados ao gerenciamento de resíduos sólidos e tratamentos adotados para dejetos, com atenção especial aos aplicados no rejeito de borra de tinta. Para tanto, a base de dados escolhida foi a *Scopus*, uma vez que apresenta mais de 22.000 títulos de mais de 5.000 editores em todo o mundo, compreendendo diversas áreas do conhecimento, tais como ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais e artes e humanidades. É também a maior base dados

de resumos e citações de literatura revisada por pares (ELSEVIER, 2020). Nessa etapa foi possível obter conhecimentos sobre as características do resíduo e o tratamento do rejeito de tinta, propiciando assim uma base teórica para as etapas seguintes.

Na etapa de prospecção tecnológica, as palavras-chave, definidas na pesquisa exploratória efetuada na etapa anterior, foram "ink waste", "paint residue", "ink residue", "paint waste", "ink sludge" e "paint sludge". As pesquisas sobre tratamento do resíduo de tinta foram realizadas tanto em artigos científicos como em documentos de patentes. Para artigos científicos, a pesquisa foi efetuada na base de dados *Scopus* e foram empregadas as palavras-chave nos campos "título", "resumo" e "palavras-chave", aplicado filtro para restringir a busca nas áreas relacionadas ao tratamento da borra de tinta (Engenharia, Ciência dos Materiais, Ciência Ambientais, Engenharia Química e Química) e delimitado o tempo para os últimos 10 anos, compreendendo o período de 2008 a 2018. Com estes parâmetros retornaram 144 publicações.

Para os documentos de patentes, definiu-se as bases de dados *Spacenet* e *Orbit Intelligence*. As palavras-chave empregadas foram "ink waste", "paint residue", "ink residue", "paint waste", "ink sludge" e "paint sludge", contudo, no campo "título" excluiu-se os termos que não atendiam aos objetivos desta pesquisa, isto é, "water", "print" e "gas". Com estes critérios retornaram 1.047 patentes na *Orbit Intelligence* e 706 na *Spacenet*. Para esta pesquisa foram considerados os resultados obtidos na *Orbit Intelligence* em razão de haver maior número de documentos em relação à *Spacenet*.

Considerando a Classificação Internacional de Patentes (IPC) (WIPO, 2021), retornaram documentos relacionados à impressão gráfica e tratamento de efluentes atmosféricos e líquidos, que não são de interesse deste estudo. Com isso, foi estabelecido um novo critério de busca na base de dados *Orbit Intelligence*, sendo que além das palavras-chave foram adotadas as seguintes classificações das patentes: (a) F23G (fornos crematórios, incineração de refugos ou combustíveis de baixo teor por combustão); (b) C09D (composição de revestimentos); (c) C08J (compostos macromoleculares orgânicos; sua preparação ou processamento químico; processos gerais para formar misturas; pós-tratamento não abrangido pelas subclasses); (d) C04B (cimento, concreto, pedra artificial, cerâmica, refratários, cal, magnésia e escória); (e) C02F (tratamento de água, de águas residuais, esgotos ou lamas e lodos); (f) B05C (aparelhos para aplicação de líquidos ou outros materiais fluentes a superfícies em geral); (g) B01D (separação); e (h) B29B (preparo ou pré-tratamento do material a ser modelado, fabricação de grânulos ou pré-formados, recuperação de matérias plásticas). Assim, com esta nova pesquisa na base *Orbit Intelligence*, foram obtidos 408 documentos.

Desse modo, após a pesquisa nas bases de dados *Scopus* e *Orbit Intelligence*, uma análise aprofundada dos documentos obtidos foi efetuada. Para tanto, os dados foram segmentados em três níveis, perspectiva macro, meso e micro, como indicado na metodologia de Borschiver e Silva (2016). Na perspectiva macro a análise contempla: ano de publicação para artigos e ano de solicitação ou concessão para patentes; países de origem dos autores; e filiação dos autores. Na perspectiva meso, adota-se uma divisão taxonômica, obtida a partir da leitura dos resumos e títulos, visando uma segmentação e análise das informações mais relevantes presentes tanto nos artigos quanto nos documentos de patente. Na perspectiva micro, cada taxonomia identificada na perspectiva meso é detalhada

e então identificadas as particularidades do tratamento do rejeito de tinta. Para tanto, foi necessária a verificação completa dos documentos (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

Na fase pós-prospectiva, os dados são apresentados em forma de diagrama, classificando as informações no horizonte temporal em períodos de longo, médio e curto prazo. No curto prazo foram consideradas as patentes concedidas em razão de estarem mais próximas da aplicação industrial; no médio prazo foram apreciadas as patentes depositadas e ainda não concedidas, pois sua aplicação comercial custaria um tempo maior; e no longo prazo, que compreende um prazo superior a dez anos, foram consideradas as tecnologias descritas em artigos científicos.

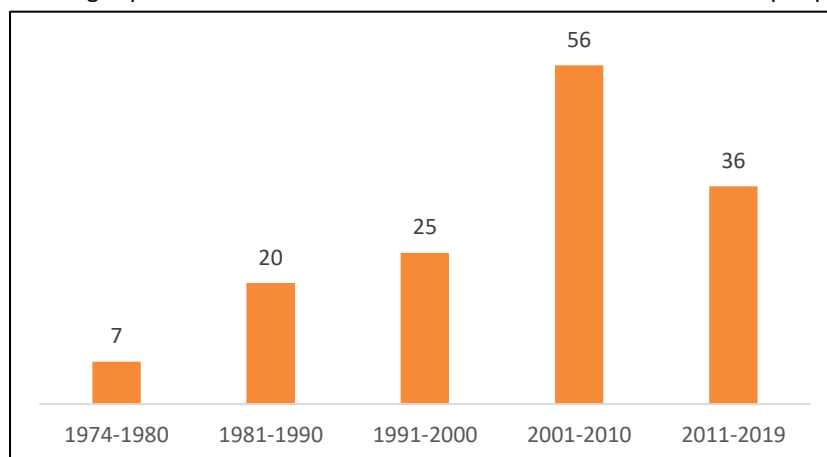
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para conhecer as principais tendências relacionadas ao tratamento do resíduo borra de tinta, foram realizadas análises a partir das três perspectivas sugeridas na metodologia de Borschiver e Silva (2016), macro, meso e micro. Os dados foram organizados em um *Roadmap* de forma a apresentar as prospecções para o destino do rejeito.

Análise meso e micro

A análise macro foi realizada por meio do estudo de 144 artigos científicos selecionados na *Scopus* e de 408 documentos de patentes selecionados na *Orbit Intelligence*, que abordam sobre o tratamento de resíduos de borra de tinta. Desse modo, no que tange aos artigos científicos, identificou-se o ano de publicação, o país de origem dos autores e a filiação destes. Assim, foi possível observar que as publicações ocorreram a partir de 1974, com número crescente nos anos seguintes até o período de 2001 a 2010, sendo que esta década se destaca por aumento superior a 50% em relação ao intervalo de tempo anterior (1991 a 2000). Esse índice de crescimento não é sustentado no período subsequente (2011 a 2019), que apresentou decréscimo de aproximadamente 65%, embora em comparação ao período de 1991 a 2000 tenha apontado aumento, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Artigos publicados sobre resíduos de tratamento de borra de tinta por período.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos na *Scopus*.

O aumento constante de publicações sobre tratamento de resíduos inicia com a ênfase dada aos assuntos ambientais resultantes da publicação, pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, do relatório "Nosso Futuro Comum", também conhecido como "Relatório *Brundtland*", em 1987. Nesse documento é estabelecido o conceito de desenvolvimento sustentável como aquele que atende as necessidades atuais sem comprometer a possibilidade das gerações futuras de atenderem suas próprias necessidades (WCED, 2019).

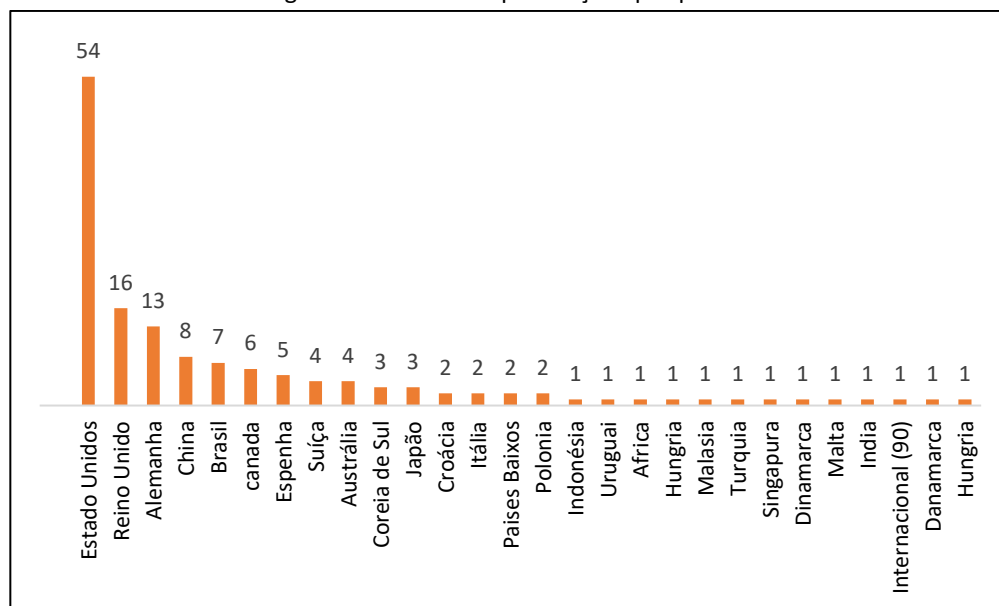
Outro marco que justifica o aumento de publicações sobre tratamento de resíduos foi a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, popularizada como "Rio-92" ou "Cúpula da Terra", que envolveu o público como até então ainda não se havia presenciado. A "Rio-92" foi realizada visando prover soluções para o equilíbrio ambiental, social e econômico, além de instituir acordos com maiores privilégios para os países em desenvolvimento.

Os anos entre 2001 e 2010 foram marcados pela realização das Conferências Rio+10 e Rio+20, em que foram estabelecidos objetivos socioambientais, no qual a erradicação da pobreza ganhou grande espaço (PIMENTA; NARDELI, 2015). O cenário de preocupação com os requisitos socioambientais refletiu no interesse da comunidade científica em temas sobre reciclagem e valorização dos resíduos, aumentando em mais de 50% a quantidade de publicações que tratavam da disposição do resíduo borra de tinta.

O incentivo a projetos ambientais com retornos financeiros reflete nas pesquisas de desenvolvimento de novas tecnologias para a recuperação de resíduos, resultando assim em mais publicações na área a partir desta década. O número de publicações seguiu em constante evolução até 2010, ano em que se instituiu o cenário de crise mundial que interferiu na redução do aporte financeiro para a ciência de maneira geral, principalmente nas áreas ambientais.

O país com maior número de publicações científicas sobre tratamento do resíduo borra de tinta é Estados Unidos, com 59 publicações, seguido por Reino Unido, Alemanha, Brasil, China, Suíça, Canadá, Espanha, Coreia do Sul, Japão, Itália, Holanda, Polônia, Hungria, Argentina, Croácia, Dinamarca, Finlândia, Índia, Indonésia, Malásia, Malta, Singapura, Turquia, Uruguai, África do Sul, Austrália e França, conforme demonstrado na Figura 2.

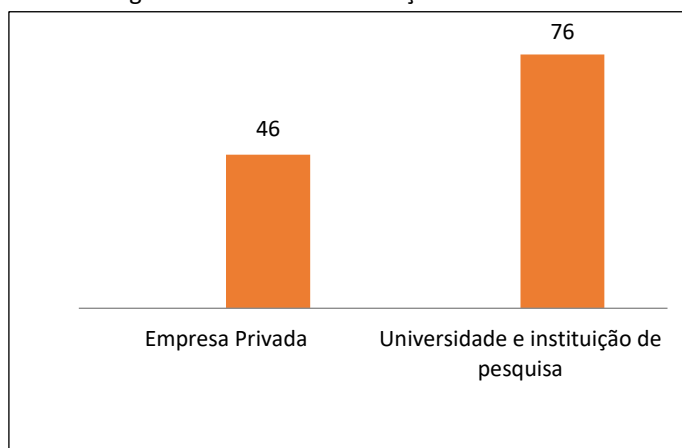
Figura 2 - Número de publicações por país.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos na Scopus.

Os autores que publicaram artigos relacionados ao tratamento do resíduo de tinta são afiliados a 122 organizações. Na Figura 3 pode-se observar que 76 dessas organizações são universidades e instituições de pesquisa públicas ou privadas e 46 são empresas privadas. Embora em porcentagem inferior, verifica-se o interesse do setor produtivo em estudos sobre tratamento do rejeito de tinta.

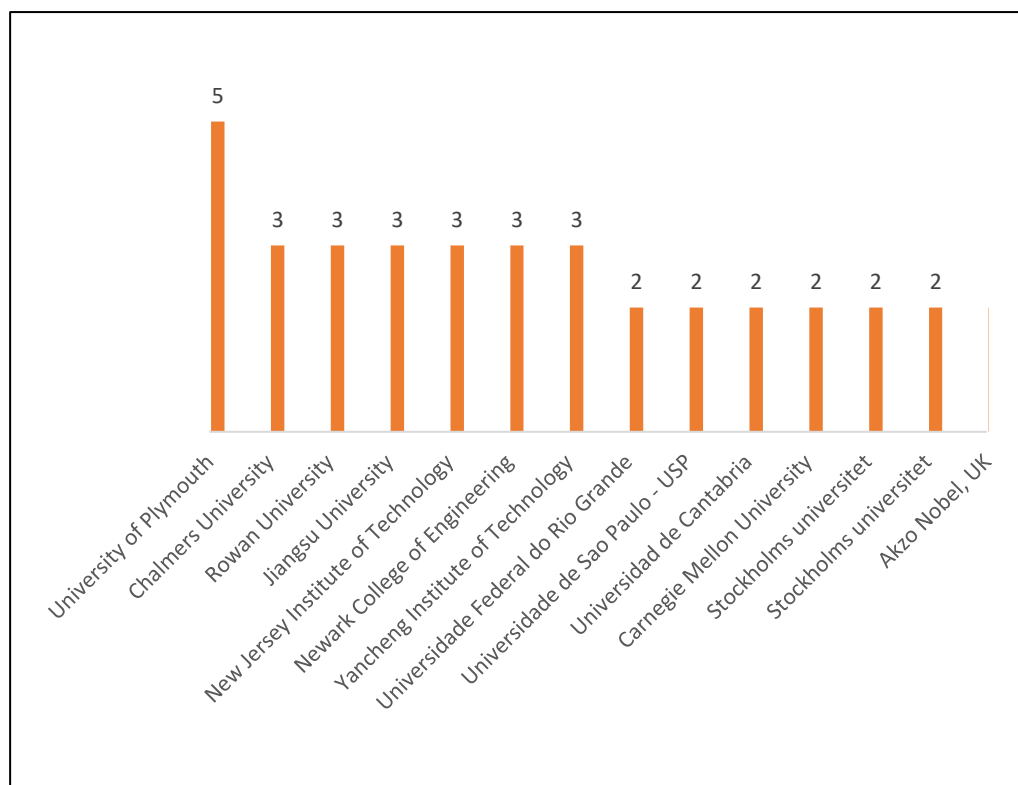
Figura 3 - Natureza das filiações dos autores.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos na Scopus.

As instituições que se destacam com mais de uma publicação são apresentadas na Figura 4. As universidades americanas sobressaem com maior número de publicações. No Brasil, a Universidade Federal do Rio Grande do Norte e a Universidade de São Paulo são citadas com duas publicações no tema.

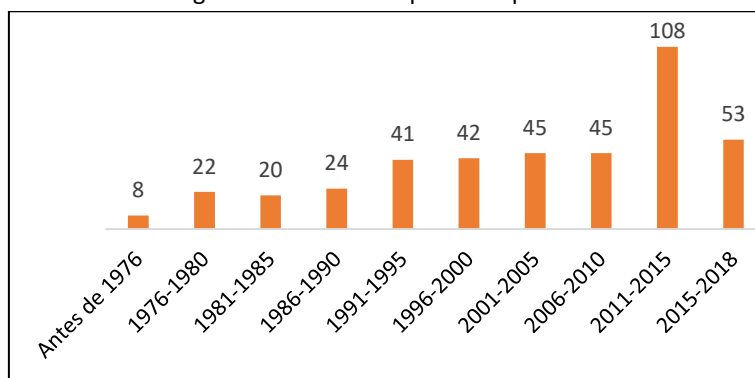
Figura 4 - Número de publicações por filiação dos autores.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos na *Scopus*.

A análise macro dos documentos de patentes foi efetuada a partir da análise gráfica da base de dados *Orbit Intelligence*, que permitiu diagnosticar os principais autores, filiação e países depositantes da proteção dos 408 documentos de patentes identificados nessa base. Como evidenciado na Figura 5, houve um aumento na proteção das tecnologias relativas ao tratamento de borra de tinta ao longo dos anos, sendo que no período de 2011 a 2015 o número de patentes se elevou em 58,3% em relação aos anos de 2006 a 2010.

Figura 5 - Número de patentes por ano.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos na *Orbit Intelligence*.

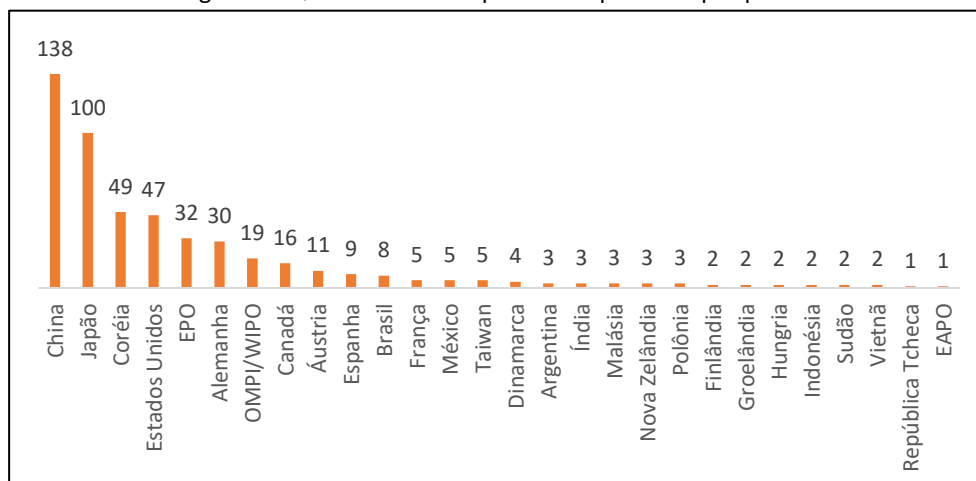
O aumento das inovações no tratamento de resíduos de borra de tinta segue um comportamento mundial em investimentos ambientais. Conforme dados divulgados pela *Clean Group* e *World Wide Fund for Nature (WWF)* em 2017, o ano

de 2011 foi recorde em investimentos em empresas de tecnologias limpas, o que se deve à implementação de políticas e incentivos governamentais voltados ao tema (WWF, 2017).

A partir de 2013, os investimentos em tecnologias ambientais decaíram em virtude de grandes crises econômicas mundiais. Além disso, a preocupação dos países desenvolvidos com os fatores ambientais sofreu um retrocesso, fato simbolizado pela saída dos Estados Unidos do Acordo de Paris, tratado mundial realizado durante a 21ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas, em 2015, com o objetivo de frear o aquecimento global e garantir o aporte financeiro pelos países desenvolvidos de 100 bilhões de dólares por ano em medidas de combate à mudança do clima (WWF, 2017).

O país que apresentou o maior número de patentes protegidas é a China, seguido pelo Japão. A quantidade de depósitos de pedidos de patentes por país, como mostrado na Figura 6, em comparação com o número de publicações de artigos científicos (Figura 2), denota o maior interesse de países como China e Japão pela proteção e aplicação das tecnologias do que pela produção científica.

Figura 6 - Quantidade de depósitos de patentes por país.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos na *Orbit Intelligence*.

O número de patentes por país é superior ao número total de documentos de proteção, já que uma única patente pode ser registrada em mais de uma nação. A China conta com quatro publicações científicas e Japão duas, contra 138 e 100 patentes, respectivamente. A China apresenta como maiores detentores do número de patentes no tema uma diversidade de organizações e de ramos empresariais, enquanto no Japão a maioria dos direitos de propriedade industrial é de empresas automobilísticas. Já o Brasil apresenta 13 patentes depositadas, das quais, a partir da leitura dos arquivos, apenas uma se enquadra no tema em estudo e descreve um processo para o tratamento da borra de tinta por meio do encapsulamento com carvão e óxido de cálcio e posterior queima.

As empresas com maior número de patentes estão relacionadas na Tabela 1. As montadoras automobilísticas japonesas, *Toyota Motor*, *Mitsubishi Heavy Industries* e *Honda Motor*, se destacam em relação ao número de patentes, fato este atribuído à grande geração de resíduos de borra de tinta por este ramo de empresas e à cultura de organização e limpeza atribuídos aos costumes japoneses e aos sistemas Toyota de Produção, *Lean Manufacturing* e ferramentas da

qualidade, que combatem o desperdício, exige limpeza e organização, incentivando a aplicação de tecnologias de reciclagem e tratamento dos resíduos.

Tabela 1 - Empresas com maior número de patentes no tema.

Nome	Patente
<i>Toyota Motor</i>	12
<i>Dainippon Insatsu</i>	11
<i>Mitsubishi Heavy Industries</i>	11
<i>Honda Motor</i>	5
<i>Organo</i>	4
<i>Qingdao University</i>	4
<i>Dujiangyan Hongqiang Building & Auxiliary Materials Factory</i>	3
<i>Etis</i>	3
<i>Guangdong Vocational College of Environmental Protection Engineering</i>	3
<i>Kansai Paint</i>	3

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados obtidos na *Orbit Intelligence*.

Os resultados obtidos na base de dados *Orbit Intelligence* também propiciaram a avaliação da proporção das patentes que estão ativas, ou seja, que estão em vigência de proteção nos organismos responsáveis. Dos 408 documentos encontrados, 40,2% (164) são patentes ativas, ou seja, aquelas que foram concedidas ou estão em fase de avaliação. As patentes não ativas representam 58,8% (244) e estão distribuídas em 42 revogadas, 69 expiradas e 133 em domínio público.

Análise meso e micro

As análises meso e micro tiveram como objetivo traçar as principais taxonomias para a construção do *Roadmap* Tecnológico. Assim, na perspectiva meso inicialmente foi efetuada a leitura dos títulos e resumos das 164 patentes ativas e selecionadas 51 que atendem aos objetivos desta pesquisa. Os documentos não considerados descrevem processos com outros rejeitos, como o da indústria gráfica e emissões atmosférica. Em relação aos artigos científicos, foi realizada a leitura dos títulos e resumos e escolhidos 18 para este estudo. Aqueles não utilizados descrevem tratamentos de efluentes líquidos e gasosos e técnicas ambientais de reciclagem de resíduos da indústria gráfica. Desse modo, foram identificadas as taxonomias utilizadas para traçar o *Roadmap* Tecnológico, as quais estão sistematizadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Taxonomias identificadas na perspectiva meso e micro.

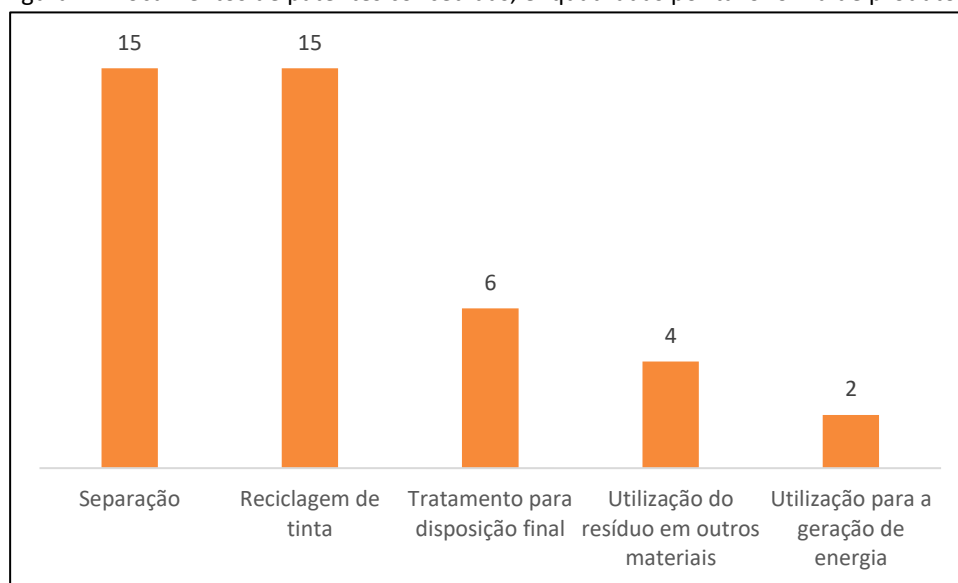
Meso	Micro
Mercado	Indústria de tinta; indústria de materiais de construção; indústria com processo de pintura; energia; indústria do vidro; indústria de tinta.
Produto	Energia; tinta reciclada; resíduo tratado; materiais com tinta reciclada.
Tecnologia	Pirólise; incineração; mistura; encapsulamento; precipitação; filtração; redução por bactérias; clínquer; destilação; secagem; lixiviação; secagem; coagulação/floculação.
Aspecto Ambiental	Reciclagem e aterro.

Meso	Micro
Impacto Ambiental	Economia dos recursos naturais e redução da qualidade da água e solo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 7 observa-se que os processos de separação, que consiste em isolar a borra de tinta do efluente presente na cabine de pintura, e de reciclagem da tinta, que utiliza o resíduo para a fabricação de novos revestimentos, ambos com 15 documentos publicados no tema, são as tecnologias prospectadas em curto prazo. Também são prospectados o tratamento para disposição final, que contempla os sistemas de prevenção de poluição com aterros, seguido pela reutilização do dejetos em outros materiais e para a geração de energia, estes com 6, 4 e 4 documentos de patente, respectivamente.

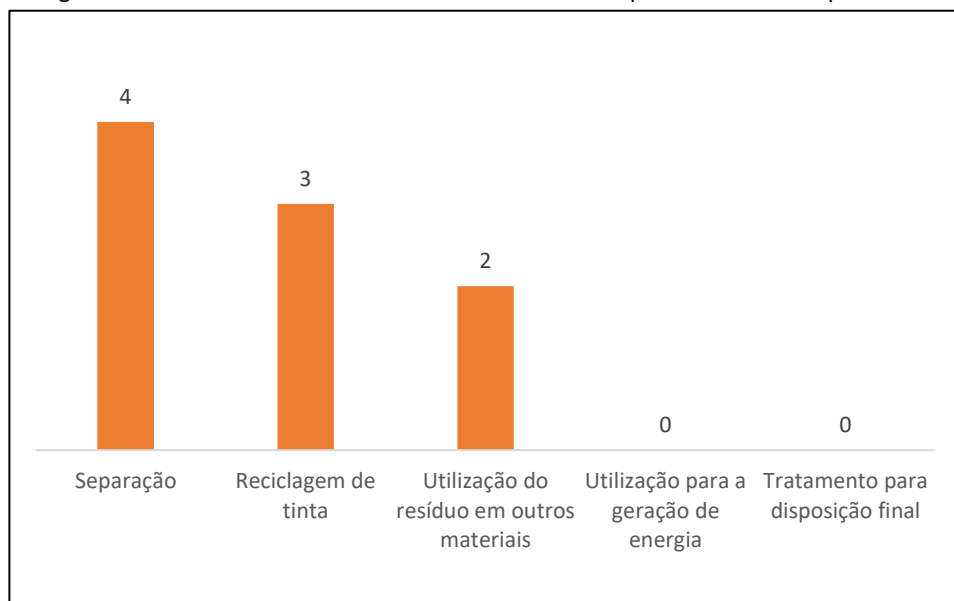
Figura 7 - Documentos de patentes concedidas, enquadradas por taxonomia de produto.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos na *Orbit Intelligence*.

As patentes em análise, e ainda não concedidas, totalizam nove documentos e prospectam as tecnologias que serão vigentes em médio prazo. A Figura 8 expressa que, em médio prazo, separação, reciclagem de tintas e utilização do resíduo em outros materiais, com 4, 3 e 2 documentos no tema, respectivamente, são produtos pujantes para o tratamento do dejetos de tinta.

Figura 8 - Produtos dos documentos ativos em análise por taxonomia de produto.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos na *Orbit Intelligence*.

Em médio prazo não são contemplados os meios de tratamento para a disposição final, o que se deve à viabilidade de utilização dos resíduos para outras finalidades, que além de contribuir com a preservação do meio ambiente, apresenta vantagens econômicas com reduções de custos com a destinação e aquisição de matérias-primas. Os meios de separação do resíduo do efluente líquido também estão presentes em médio prazo, já que os processos de pintura são realizados em cabines providas de cortinas de água, e a separação eficiente do resíduo proporciona a menor geração e maior facilidade de tratamento do efluente líquido. Os processos utilizados para a obtenção dos produtos foram: filtragem; mistura; clínquer para a obtenção do cimento Portland; e separação por filtração.

Para a prospecção em longo prazo foram considerados os artigos publicados nos últimos 10 anos (2008 a 2018), obtidos junto à base de dados *Scopus*. Conforme dados apresentados na Tabela 2, o maior número de artigos científicos está relacionado à utilização do resíduo em outros materiais.

Tabela 2 - Tratamentos prospectados a longo prazo.

Produto		Ano	Quantidade
Utilização do resíduo em outros materiais	Recuperação do Zn+2	2018	4
	Argamassa	2017	
	Reciclagem de TiO2 e outros pigmentos	2015	
	Cinzas com TiO2 em vidro	2014	
Reciclagem	Nitrocelulose regenerado	2017	1
Tratamento	Estabilização	2009	1

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados obtidos na *Scopus*.

Roadmap tecnológico

O *Roadmap* Tecnológico para o tratamento do resíduo industrial de tinta (Figura 9) foi confeccionado a partir das informações aportadas nos artigos

científicos e documentos de patentes obtidos pela prospecção tecnológica efetuada nesta pesquisa. Os dados do mapeamento foram esquematizados no eixo horizontal e vertical. O eixo horizontal indica a divisão de tempo em curto, médio e longo prazo, enquanto o eixo vertical é dividido em quatro seções, que correspondem ao mercado, produto, tecnologia e aspectos e impacto ambiental. As flechas são posicionadas no eixo vertical, relacionando as tendências de mercado com produtos, tecnologias, aspectos e impactos ambientais, de acordo com a classificação de tempo.

Figura 9 - Roadmap para o tratamento do resíduo borra de tinta.

	Indústria de tinta	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
Mercado	Indústria de materiais de construção		↑	↑
	Indústria de processo de pintura	↑	↑	↑
	Energia	↑	↑	↑
	Indústria do vidro			↑
	Indústria de tinta	↑		↑
	Produto	Vidro		
Energia			↓	
Tinta reciclada		↓	↓	
Resíduo tratado		↓	↓	↓
Materiais com resíduos de tinta				↓
Tecnologia	Pirólise		↓	↓
	Incineração		↓	↓
	Mistura	↓		↓
	Encapsulamento			↓
	Precipitação	↓		
	Filtração	↓	↓	↓
	Redução por bactérias			
	Clinker		↓	
	Destilação	↓		
	Secagem	↓		
	Lixiviação			
	Secagem			
	Coagulação/Floculação	↓	↓	↓
Aspecto ambiental	Reciclagem	↓	↓	↓
	Aterro	↓	↓	↓
Impacto ambiental	Economia dos recursos naturais	↓	↓	↓
	Redução qualidade de água e solo	↓	↓	↓

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de *Orbit Intelligence* e *Scopus*.

Os mercados presentes no tratamento do resíduo de tinta no curto prazo são:

- a) Indústrias de tintas, que realizam a reciclagem do dejetos na fabricação de novos revestimentos, com a recuperação de pigmentos ou regeneração do composto (resina, solvente e pigmento).
- b) Indústrias que contam com cabines de pintura no processo produtivo e realizam a separação do resíduo sólido de tinta do efluente, obtendo uma borra desidratada com o objetivo de reduzir o volume do rejeito sólido produzido.
- c) Indústrias de materiais para a construção civil, que utilizam o rejeito como matéria-prima em seu processo produtivo para a produção de cimento, concreto, cerâmica e argamassa.
- d) Empresas especializadas na destinação de resíduos, de acordo com as legislações pertinentes. Nesta classificação enquadram-se empreendimentos que realizam a atividade de aterro, incineração e companhias que utilizam tecnologias para minimizar os impactos ambientais da destinação dos dejetos sólidos.
- e) Usinas de geração de energia elétrica ou térmica, por meio do aproveitamento do poder calorífico do resíduo.

No curto prazo são aplicadas as seguintes tecnologias para o tratamento do rejeito e obtenção de produtos de reciclagem ou reaproveitamento:

- a) Processo de secagem, que pode ser caracterizado como um método de transferência de massa que abarca a remoção de umidade de um sólido.
- b) Redução do resíduo por bactérias, processo que utiliza a proliferação de bactérias que digerem o rejeito, reduzindo seu volume e toxicidade.
- c) Filtração, tecnologia utilizada para separar sólidos de líquidos e prospectada na fabricação de novos revestimentos de pintura.
- d) Pirólise, que consiste na desintegração da matéria em altas temperaturas com a insistência ou deficiência de oxigênio e é utilizada no processo de geração.
- e) Coagulação e floculação, que é formada pela aglomeração das partículas e sedimentação de materiais suspensos. Essas técnicas são muito utilizadas no tratamento de efluentes e do rejeito de tinta para a separação do resíduo sólido do efluente.
- f) Precipitação por centrifuga, caracterizada por separação dos componentes via sedimentação dos líquidos imiscíveis de diferentes densidades, processo esse utilizado na reciclagem de tinta.

No âmbito de estudo de mercado para produção de tintas, a indústria fabrica e recicla a resina, o solvente e os pigmentos dos dejetos por meio das tecnologias de mistura de aditivos nas matérias-primas, como por exemplo, anticorrosivo ou catalisadores, além da precipitação dos pigmentos com o objetivo de reutilizá-los, por meio da diferença de densidade e utilização de uma centrífuga. A indústria de revestimentos prospecta a aplicação do processo de secagem do resíduo para redução da umidade com o objetivo de produzir aditivos de preenchimento das tintas, utilizado para o aumento do teor de sólidos do revestimento ou retirada do efluente contido no dejetos, que pode causar odores ao fluido reciclado.

Além dos fabricantes de tinta, outro ramo empresarial importante no tratamento do rejeito de tinta, no curto prazo, são os industriais, que contam com processo de pintura com cabines de funcionamento por cortinas de água, sendo

necessária a separação do efluente líquido do resíduo sólido, produzindo um dejetado desidratado por meio da adoção de coagulação e floculação. A geração de energia a partir do resíduo também foi evidenciada na prospecção tecnológica, com a adoção dos métodos de pirólise. Ainda são previstos em curto prazo a adoção de tratamento sem o aproveitamento das características do resíduo, neste caso, a adoção dos microrganismos para reduzir o lodo de tinta.

Em médio prazo, a separação do resíduo sólido de tinta do efluente e a reciclagem do dejetado para a fabricação de novos revestimentos de pintura continuam sendo processos de maior propensão, inclusive com a atuação de empresas de fabricação de equipamentos para esta finalidade. Nesse período, tecnologias que contribuem para este processo, como floculação e coagulação, também são prospectadas. Não há prospecção para o desenvolvimento de técnicas que objetivam apenas o descarte do material, sem posterior aproveitamento, e isto se deve à necessidade de reciclagem e indisponibilidade de recursos naturais. Em contrapartida, a reutilização do material em outros produtos, como cimento e argamassa, denota maior participação que em curto prazo.

O aspecto ambiental identificado a curto prazo é a reciclagem e a destinação final do resíduo por meio de aterros ou incineração. Para tanto, o impacto ambiental resultado da reciclagem foi configurado como economia dos recursos naturais, e devido à destinação final dos resíduos em aterros, foi atribuído o impacto de redução da qualidade do ar, água e solo.

As tecnologias que perduram prospectadas do curto para o médio prazo são processos de mistura de componentes, filtração e coagulação e floculação. Nesse ínterim é previsto a aplicação do processo de *Clinquer*, como é conhecido o método de queima de matérias-primas moídas em um forno rotativo a temperaturas de até 1.450°C para a fabricação do cimento Portland.

O aspecto ambiental dominante para o período é a reciclagem, resultando em impacto ambiental positivo de preservação da qualidade do solo e água. A prospecção aponta que o tratamento da borra de tinta, em longo prazo, será predominante no âmbito da reciclagem, que além de ser uma opção economicamente viável, pois reduz os custos de destinação, economiza recursos naturais para a fabricação de novos produtos e reduz o impacto ambiental, uma vez que o material não será disposto em aterros.

Os produtos resultantes da reciclagem do detrito são tinta, vidro, cerâmica, cimento e argamassa. Nesse contexto, os documentos científicos apresentam ensaios que satisfazem a qualidade do material e ensaios laboratoriais que garantem a inexistência de riscos de contaminação do meio ambiente. Contudo, as referências bibliográficas não fazem alusão à necessidade de ensaios de inflamabilidade do material, que no caso dos materiais de construção civil, podem ser necessários para a sua utilização. Em longo prazo, o aspecto ambiental reputado, além de referenciar a preservação da qualidade da água e solo, também resulta na economia dos recursos naturais por meio da reciclagem.

As tecnologias de processamento previstas em longo prazo são utilizadas com o objetivo de tornar o rejeito passivo de reciclagem e se enquadram em métodos de mistura, extração dos componentes da tinta e filtração. No âmbito da avaliação dos impactos ambientais, além da preservação da qualidade do solo e da água, o período apresenta a preservação dos recursos naturais por se tratar de reciclagem

do material, economizando minérios e combustíveis. Desse modo, a destinação do resíduo passa a ser item estratégico tanto no aspecto de economia de recursos financeiros quanto de recursos naturais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia descrita por Borschiver e Silva (2016) propiciou a construção de um *Roadmap* Tecnológico sobre o tratamento do rejeito de tinta, de forma a auxiliar a tomada de decisão dos geradores de resíduos, empresas de tratamento e empreendedores da área de gestão.

Na esfera da prospecção tecnológica, foi possível concluir que, a curto prazo, os processos de tratamento de borra de tinta contemplam apenas a destinação final, com a redução dos impactos ambientais por meio de processos como incineração e estabilização do resíduo para disposição em aterro. Neste período, a reciclagem do material para a formulação de tintas de menor qualidade da original é considerada. Entretanto, os estudos científicos identificam a baixa qualidade em teor de cores e resistência dos revestimentos produzidos com o resíduo. A separação do efluente dos resíduos sólidos também é prospectada em curto prazo.

Em médio prazo, os processos de incorporação do resíduo em outros materiais começam a ser prospectados e apresentam maior ênfase na prospecção de longo prazo. O ramo de construção civil ganhou evidência no reaproveitamento do dejetos devido a quantidade de artigos científicos publicados, patentes concedidas e em análise. Além de representar uma alternativa sustentável para o descarte do resíduo, a incorporação de rejeitos de tinta na fabricação de materiais para construção civil apresenta resultados satisfatórios de resistência mecânica e confere melhor reologia e plasticidade a materiais como concreto, conforme dados dos artigos publicados. Em contrapartida, não foram evidenciados trabalhos que contemplam a análise laboratorial do grau de inflamabilidade do material após a inclusão do rejeito de tinta. A caracterização desse requisito técnico é de extrema importância na utilização desse dejetos no respectivo processo de fabricação devido ao cumprimento das normas reguladoras e ao potencial inflamável das tintas.

Esta pesquisa igualmente sugere o estudo de um modelo de negócio com um produto para a construção civil, fabricado com o rejeito, pois além de resultar em um produto com qualidade melhorada, similarmente será uma alternativa sustentável, mais econômica e legalmente segura para as empresas geradoras deste material.

O trabalho apresentou tendências de tecnologias para o tratamento do resíduo de tinta para empresas do ramo de tratamento de resíduos de tinta e empreendimentos geradores do material, além da possibilidade de desenvolvimento de empresas inovadoras que transformem os resíduos em produtos, diversificando as fontes de faturamento tanto da fabricação quanto da destinação de resíduo.

A partir deste estudo, sugere-se que futuros trabalhos possam contemplar a união da técnica de elaboração do *Roadmap* Tecnológico com outras ferramentas de prospecção tecnológica, com vistas a auxiliar na obtenção de resultados capazes de melhor refletir o panorama futuro. Outra proposta é a realização de pesquisa experimental, com o estabelecimento das condições ótimas para a utilização do

resíduo em materiais de construção civil, variando a concentração do rejeito de tinta, analisando os resultados de resistência mecânica, qualidade, impacto no meio ambiente, com o ensaio de lixiviação, por exemplo, e a característica de inflamabilidade do produto final.

Technological roadmap for the treatment of ink sludge waste

ABSTRACT

Paint sludge is a residue with a high content of toxic agents, present in several branches of industry. The best-known destination of this waste is landfills, which cost companies high and have negative environmental impacts. Therefore, the development of technologies for the treatment of this industrial waste is extremely important and the Roadmap presents an efficient methodology for prospecting new treatment processes. Thus, this paper aim to present a Technological Roadmap for the treatment of ink sludge. This is an exploratory, qualitative study, based on bibliometric data. Scientific articles and patent documents were used. The results reveal that, in the medium and long term, waste is used as an additive in other materials. In the short term, the final disposal process is crucial as a way of treating waste. The contribution of this study is to present treatments for paint waste in the short, medium and long term.

KEYWORDS: *Ink sludge. Technological roadmap. Sustainability.*

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, [s.n.], 2004. 77p.
- BORSCHIVER, S.; SILVA, A. L. R. **Technology Roadmap** – Planejamento Estratégico para alinhar Mercado-Produto-Tecnologia. Rio de Janeiro: Interciência, 2016.
- ELSEVIER. **Scopus** - Guia de referência rápida. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/images/documents/Scopus_Guia%20de%20refer%C3%Aancia%20r%C3%A1pida_10.08.2016.pdf>. Acesso em: 26/08/2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Painel Resíduos Sólidos**- Geração por Unidade da Federação. Disponível em: <www.ibama.gov.br/residuos>. Acesso em: 10/02/2022.
- LEE, J. H.; KIM, H.; PHAAL, R. An analysis of factors improving technology roadmap credibility: A communications theory assessment of roadmapping processes. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 79, n. 2, p. 263-280, 2012.
- OBERZINER, A. **Roadmap Tecnológico para a produção de amônia**. 2016. 171 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- OGA, S.; CAMARGO, M. M. A.; BATISTUZZO, J. A. O. **Fundamentos de Toxicologia**. São Paulo: Atheneu, 2014.
- PIMENTA, M. F. F., NARDELLI, A. M. B. Desenvolvimento sustentável: os avanços na discussão sobre os temas ambientais lançados pela conferência das Nações Unidas sobre o desenvolvimento sustentável, Rio+ 20 e os desafios para os próximos 20 anos. **Perspectiva**, v. 33, n.3, p.1257-1277, 2015.
- PRAXEDES, P. B. **Aplicação da Borra da Tinta Automotiva na Produção de Cerâmica Branca e Refratária**. 2013. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- SANTOS, G. G. D. **Análise e Perspectivas de Alternativas de Destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos: O Caso da Incineração e da Disposição em Aterros**. 2011. 193 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

TRIGUEIRO, A. **A máfia do lixo**. G1 - Mundo Sustentável. 30 agosto 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/platb/mundo-sustentavel/2012/08/30/a-mafia-do-lixo/>>. Acesso em: 12/10/2020.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Rio20**. Oslo: WCED, 2019. Disponível em: <http://www.rio20.gov.br/documentos/resolucao-da-assembleia-geral-das-nacoes-unidas-no64-236/at_download/resolucao-da-assembleia-geral-nu.pdf>. Acesso em: 24/03/2021.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. **IP Home**. Disponível em: <<http://ipc.inpi.gov.br/classifications/ipc/ipcpub/?notion=scheme&version=20200101&symbol=none&menulang=pt&lang=pt&viewmode=f&fipcp=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes¬es=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart>>. Acesso em: 21/03/2021.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **Coming clean: the global cleantech innovation**. 2017. Disponível em: <https://wwf.fi/app/uploads/2/n/l/5njozhvdv3luu5ebfk7urng/global_cleatech_innovation_index_2017_final_web.pdf>. Acesso em: 21/02/2020.

Recebido: 24/03/2021

Aprovado: 23/02/2022

DOI: 10.3895/rts.v18n51.13985

Como citar: MANOSSO, F. P.; SARTORI, R.; CAETANO, W. Roadmap tecnológico para o tratamento do resíduo borra de tinta. *Rev. Tecnol. Soc.*, Curitiba, v. 18, n. 51, p.92-111, abr./jun., 2022. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/13985>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

