

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO NORTE

CYNTHIA FIRMINO AIRES

**FRAMEWORK PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS AMBIENTAIS EM
LABORATÓRIOS QUÍMICOS**

NATAL
2019

CYNTHIA FIRMINO AIRES

**FRAMEWORK PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS AMBIENTAIS EM
LABORATÓRIOS QUÍMICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável dos Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Handson Claudio Dias Pimenta

NATAL

2019

Aires, Cynthia Firmino.

A113f Framework para implementação de práticas ambientais em laboratórios químicos / Cynthia Firmino Aires. – Natal, 2019.
138 f : il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

Orientador (a): Dr. Handson Cláudio Dias Pimenta.

1. Práticas ambientais. 2. Barreiras. 3. Facilitadores. 4. Laboratórios químicos. I. Pimenta, Handson Cláudio Dias. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. III. Título.

CDU 502

CYNTHIA FIRMINO AIRES

**FRAMEWORK PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS AMBIENTAIS EM
LABORATÓRIOS QUÍMICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável dos Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

Dissertação apresentada e aprovada em 30/08/19, pela seguinte Banca Examinadora:

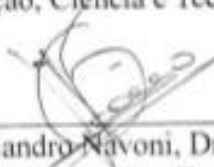
BANCA EXAMINADORA



Handson Claudio Dias Pimenta, Dr. - Presidente
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



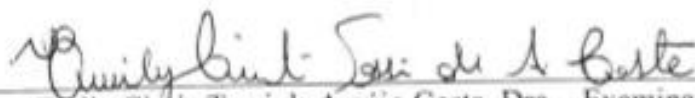
Gerda Lúcia Pinheiro Camelo, Dra. - Examinadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Julio Alejandro Navoni, Dr. - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Douglas Nilson de Moraes Ferreira, Dr. - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Emily Cintia Tossi de Araújo Costa, Dra. - Examinadora
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Dedico esta dissertação ao meu pai Edimar, à minha mãe Graça, à minha irmã Cinara e ao meu esposo Bruno. Aos meus familiares e amigos que torceram por mim. E por fim, ao meu orientador Prof. Handson Pimenta.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força espiritual que me guiou nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais e a minha irmã pelo amor, força e compreensão. Vocês são tudo na minha vida!

Ao meu esposo Bruno por todo incentivo, amor e, acima de tudo, por ser uma das minhas grandes inspirações como profissional.

Ao meu orientador Prof. Dr. Handson Pimenta, pela orientação, compreensão e paciência em compartilhar os conhecimentos. Palavras me faltam para expressar tamanha gratidão e admiração.

Aos membros da banca examinadora pelas contribuições.

Ao professor Valdenildo, por todos os ensinamentos e contribuições para diminuir a “demência intelectual” e à professora Fabíola pelo carinho, incentivos e momentos de descontração.

Ao meu chefe Douglisnilson, pela compreensão e apoio para que eu pudesse concluir duas pós-graduações e ainda dividir o tempo com o trabalho no NAAE. Além disso, sempre solicito a me ajudar e contribuir com os conhecimentos. Meu muito obrigada!

Aos meus amigos da turma 2017.2, especialmente aos “dementes intelectuais”, Luany, Sharlene e Paulo por dividir momentos de angústia e também de ajuda mútua, fazendo com que as dificuldades compartilhadas se tornassem mais leves. Aos “mestrandos do fundão”, Luany, Rafa, André e Talú pelos inúmeros dias de alegrias.

À minha grande amiga Luany, um dos maiores presentes que o IFRN me deu e que levarei por toda a vida. Meu girassol que suportou comigo todas as angústias, mas também muitas alegrias! À minha amiga Dani por estar presente todos os dias da minha vida. À Jana e Lara por toda força e amor de muitos anos. Amo todas vocês!

Aos colegas do NAAE por todas as alegrias vividas e compreensão nos momentos em que precisei me ausentar. Especialmente ao meu amigo Custódio por toda ajuda diária e confiança em me indicar para o estágio no laboratório, momento esse em que começou a surgir oportunidades profissionais e acadêmicas.

Aos meus familiares e amigos que sempre torceram por mim, em especial minha sobrinha Isabela por todo amor que trouxe para minha vida!

E por fim, aos coordenadores e técnicos de laboratórios que aceitaram participar da minha pesquisa, assim como pelas visitas e entrevistas concedidas.

RESUMO

Os mais diversos processos realizados em laboratórios químicos geram aspectos ambientais que demandam a implementação de práticas de controle. De forma a intensificar os benefícios da adoção de práticas ambientais, se faz necessário um entendimento do contexto da implementação por meio dos fatores facilitadores, motivadores e barreiras. Assim, o objetivo desta pesquisa é propor um *framework* para implementação de práticas ambientais em laboratórios químicos visando potencializar sua adoção. Para tanto, dois métodos foram utilizados: uma Revisão Sistemática de Literatura e uma pesquisa empírica por meio de estudos de caso. A partir da revisão sistemática, um *framework* conceitual foi desenvolvido com base em fatores facilitadores e barreiras para implementação de práticas ambientais. Em adição, 48 práticas ambientais implementadas em laboratórios químicos foram encontradas e categorizadas nos seguintes grupos: gerenciamento de resíduos e produtos químicos, educação ambiental, eficiência energética, conservação da água, gestão e planejamento, design da infraestrutura e conformidades legais. No estudo empírico, a análise de dados foi conduzida com base na triangulação de diferentes fontes: entrevistas semiestruturadas, análise documental e observação direta. O estudo empírico identificou 7 novas práticas que não tinham sido antes evidenciadas na literatura: reuniões periódicas com os alunos e monitores, caderno/lista de controle dos rejeitos perigosos, calhas espelhadas, manutenção preventiva de equipamentos, reuso da água, planilha de controle do volume de água retirado dos equipamentos e a calibração anual dos equipamentos. 27 fatores facilitadores foram evidenciados e os mais preponderantes foram os recursos humanos, como a colaboração da equipe. Dos fatores facilitadores, 5 deles ainda não havia sido reportado na literatura, sendo eles: colaboração da equipe/coordenadores, empresa financiadora, empresa especializada de tratamento de resíduos perigosos e a estrutura física disponível. Em síntese, o principal facilitador apresentou ser também a maior barreira, evidenciando, de fato, que o foco deve-se voltar para o lado humano. Com base nos dados empíricos, o *framework* conceitual foi refinado e sua contribuição está associado ao fato que laboratórios químicos podem utilizá-lo para explorar sua capacidade organizacional e impulsionar os pontos estratégicos para implementação de práticas ambientais.

Palavras-chave: Práticas ambientais. Barreiras. Facilitadores. Laboratórios químicos.

ABSTRACT

Different processes performed at chemical laboratories produce environmental aspects that need the implementation of practices to be controlled. In order to maximise the benefits of implementing environmental practices, it is necessary to understand the context of their implementation, which includes enablers, drivers and barriers. Thus, the objective of this research is to propose a framework for the implementation of environmental practices in chemical laboratories that could potentially be adopted. Two methods were used: a Systematic Literature Review and case studies. Based on the systematic review, a conceptual *framework* was designed taking into consideration enablers and barriers for environmental practices implementation. In addition, 48 environmental practices implemented by chemical laboratories were found and categorised into the following groups: waste and chemical management, environmental awareness, energy efficiency, water conservation, management and planning, infrastructure design and legal compliance. The data analysis was conducted based on triangulation from different empirical sources including semi-structured interviews, document analysis and direct observation. The most cited practice remains waste management. Moreover, 7 new environmental practices that has not been previously reported in literature: team periodic meetings, documented information on hazardous waste, lighting, preventive equipment maintenance, water reuse, documented information on water removed from equipment and annual calibration of equipment. 27 enablers were evidence and the most prevalent were human resources, such as team collaboration. 5 new drivers were identified in the empirical research: team/coordinators collaboration, funding company, specialized hazardous waste treatment company and available physical structure. In summary, the main driver was also the most significant barrier, evidencing, in fact, that the focus needs to be given to the human side. Based on the empirical research, the conceptual *framework* was refined and its major contribution is related to the fact that chemical laboratories can use it to explore their capability and promote the strategic aspects to implement environmental practices.

Keywords: Environmental practices. Barriers. Drivers. Chemical laboratories.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E DA PROBLEMÁTICA	10
1.2	OBJETIVOS DA PESQUISA	13
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	13
2	REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA	14
2.1	METODOLOGIA	14
2.1.1	Planejamento	16
2.1.2	Pesquisa	16
2.1.3	Triagem	17
2.1.4	Análise de conteúdo	18
2.2	RESULTADOS	19
2.2.1	Análise descritiva	19
2.2.2	Análise temática	26
2.2.2.1	Práticas ambientais	26
2.2.2.2	Fatores motivadores	33
2.2.2.3	Fatores facilitadores	34
2.2.2.4	Relação entre os fatores facilitadores e as práticas ambientais	35
2.2.2.4.1	<i>Recursos humanos</i>	37
2.2.2.4.2	<i>Disponibilidade recursos financeiros</i>	39
2.2.2.4.3	<i>Estratégia</i>	41
2.2.2.4.4	<i>Tecnologia</i>	42
2.2.2.4.5	<i>Engajamento dos stakeholders</i>	43
2.2.2.5	Barreiras	44
2.2.2.5.1	<i>Falta de conhecimento</i>	44
2.2.2.5.2	<i>Gestão descentralizada</i>	45
2.2.2.5.3	<i>Resistência à mudança</i>	46
2.2.2.5.4	<i>Falta de recursos financeiros</i>	46
2.2.2.5.5	<i>Rotatividade de pessoas</i>	47
2.3	FRAMEWORK CONCEITUAL	47
2.4	DISCUSSÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	50
2.5	SÍNTESE DA SEÇÃO	53

3	ESTUDO EMPÍRICO	55
3.1	METODOLOGIA	55
3.1.1	Abordagem qualitativa	55
3.2	ESTUDO DE CASO	56
3.3	DESENHO DA PESQUISA EMPÍRICA	57
3.3.1	Planejamento	57
3.3.1.1	Questões de pesquisa	58
3.3.1.2	Unidade de análise	59
3.3.1.3	Amostragem	59
3.3.2	Coleta de dados	60
3.3.2.1	Entrevista	60
3.3.2.2	Análise documental	61
3.3.2.3	Observação direta	61
3.3.3	Análise de dados	62
3.3.4	Validação	63
4	RESULTADOS	64
4.1	ESTUDO DE CASO 1 – “LAB01”	64
4.1.1	Breve caracterização da organização	64
4.1.2	Práticas ambientais identificadas	64
4.1.3	Contexto da implementação	68
4.1.3.1	Fatores facilitadores	68
4.1.3.2	Barreiras	72
4.1.3.3	Fatores motivadores	74
4.2	ESTUDO DE CASO 2 – “LAB02”	76
4.2.1	Breve caracterização da organização	76
4.2.2	Práticas ambientais identificadas	76
4.2.3	Contexto da implementação	80
4.2.3.1	Fatores facilitadores	80
4.2.3.2	Barreiras	83
4.2.3.3	Motivadores	85
4.3	ESTUDO DE CASO 3 – “LAB03”	87
4.3.1	Breve caracterização da organização	87
4.3.2	Práticas ambientais identificadas	88

4.3.3	Contexto da implementação	90
4.3.3.1	Fatores facilitadores	90
4.3.3.2	Barreiras	91
4.3.3.3	Motivadores	92
4.4	ESTUDO DE CASO 4 – “LAB04”	94
4.4.1	Breve caracterização da organização	94
4.4.2	Práticas ambientais identificadas	94
4.4.3	Contexto da implementação	97
4.4.3.1	Fatores facilitadores	97
4.4.3.2	Barreiras	100
4.4.3.3	Motivadores	102
5	CRUZAMENTO DOS ESTUDOS DE CASO E DISCUSSÃO	104
5.1	ANÁLISE DAS PRÁTICAS AMBIENTAIS	104
5.2	ANÁLISE DOS FATORES FACILITADORES	110
5.3	ANÁLISE DAS BARREIRAS	115
5.4	ANÁLISE DOS MOTIVADORES	117
5.5	REFINAMENTO DO <i>FRAMEWORK</i> CONCEITUAL	121
5.6	PRODUTO FINAL	125
5.6.1	Impacto e inovação do produto	125
5.6.2	Desenvolvimento e complexidade	125
5.6.3	Aplicabilidade	125
6	CONCLUSÃO	126
	REFERÊNCIAS	129
	APÊNDICE A – LISTA DE ARTIGOS DA RSL	135
	APÊNDICE B – PROTOCOLO DE ENTREVISTAS - CONTEXTO QUE ENVOLVE AS PRÁTICAS AMBIENTAIS	137
	APÊNDICE C – FRAMEWORK PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS AMBIENTAIS EM LABORATÓRIOS QUÍMICOS	138

1 INTRODUÇÃO

Nesta seção, a discussão se inicia pela contextualização do tema e da problemática, seguida dos objetivos da pesquisa e finalizando com a estrutura de toda a dissertação a ser apresentada.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E DA PROBLEMÁTICA

Os laboratórios químicos inseridos em instituições de ensino e pesquisa são aliados do avanço intelectual, habilidades e capacitação técnica dos estudantes (GOODWIN, 2004). Todavia, os mais variados procedimentos realizados nesses laboratórios, em associação com a complexidade de produtos químicos, potencializam a geração de diversos aspectos ambientais, que podem gerar consequências negativas ao meio ambiente. A geração de resíduos sólidos perigosos, descarte de efluentes líquidos, consumo elevado de energia são exemplos de aspectos ambientais críticos em laboratórios químicos (GENG *et al.*, 2013, KAPLOWITZ *et al.*, 2011, HO; CHEN, 2018).

Face ao exposto, os principais problemas ambientais causados pela ausência de controle dos aspectos ambientais gerados pelos laboratórios químicos resultam em poluição das águas, solo e ar, assim como impactos à saúde da equipe dos funcionários e da sociedade (ZACH, 2000, HOURI; WEHBE, 2003). Isso pode também ser potencializado em geral pelo alto grau de toxicidades dos resíduos, efluentes e emissões (ALVES *et al.*, 2005, BENATTI; TAVARES; GUEDES, 2006; FAGNANI; GUIMARÃES, 2017).

O consumo de energia e de água também são considerados significativos em laboratórios. Parte da energia é necessária para manter o desempenho dos equipamentos e, sobretudo, no uso sem interrupção dos refrigeradores para conservar reagentes e produtos químicos (WOOLLIAMS; LLOYD; SPENGLER, 2005, KAPLOWITZ *et al.*, 2012). Para Bonnet *et al.* (2002) e Kilkis (2017) os laboratórios representam os maiores consumidores de água em campus universitário devido à realização de experimentos e pesquisas. Fagnani e Guimarães (2017) observaram que utilizar a água sem gerar desperdício durante os processos analíticos nos laboratórios ainda continua sendo um desafio.

Diante disso, os diversos aspectos ambientais também demandam a

implementação de práticas de controle (MARTEEL-PARRISH; NEWCITY, 2017). Essas práticas ambientais estão relacionadas ao controle e conservação de recursos naturais, à melhoria nos processos, à redução de desperdício e ao gerenciamento de resíduos com consequente redução dos efeitos negativos ao meio ambiente (FAGNANI; GUIMARÃES, 2017, MARTEEL-PARRISH; NEWCITY, 2017; PEREIRA *et al.*, 2014).

Assim, a implementação de práticas ambientais em laboratórios químicos pode proporcionar vantagens ambientais, econômicas e para a saúde humana (WOOLLIAMS; LLOYD; SPENGLER, 2005). Por exemplo, a implementação da prática de experimentos em mini escala reduz o consumo de matéria prima e insumos na realização dos experimentos, além do tempo de uso de equipamentos e vidrarias, acarretando na redução de custo (WARGNIEZ; OLEAS; YAMAGUCHI, 2012). Tal prática também minimiza a geração de resíduos químicos perigosos (HO; CHEN, 2018).

De forma a potencializar os benefícios da adoção de práticas ambientais, se faz necessário um entendimento do contexto da implementação. Esse entendimento do contexto também é primordial para ocasionar mudanças esperadas e, por conseguinte, contribui para efetivar os conceitos fundamentais da sustentabilidade (STEG, 2008, NEJATI; NEJATI, 2013, LARA *et al.*, 2017).

Em vista disso, o contexto da implementação das práticas envolve fatores facilitadores e motivadores como também barreiras que impedem essas transformações. Os fatores facilitadores são premissas que auxiliam a organização na adoção das práticas (SANCHA; LONGONI; GIMÉNEZ, 2015). Por outro lado, os fatores motivadores podem ser compreendidos como o ponto inicial para impulsionar a mudança, podendo ser: motivadores coercitivos, quando relacionados às pressões externas como governos; motivadores miméticos, quando tendem a reproduzir ações implementadas por outras organizações; ou ainda motivadores normativos, quando são pressionados por leis (SANCHA; LONGONI; GIMÉNEZ, 2015).

Com base na literatura, foi observado uma característica comum: uma maior ênfase em estudos sobre o gerenciamento dos resíduos químicos (LARA *et al.*, 2017, LEITE; ALCÂNTARA; AFONSO, 2008, NASCIMENTO; TENUTA FILHO, 2010, SANTOS *et al.*, 2011, IMBRIOSI *et al.*, 2004, DRUMMOND, 2006). Isso pode ser compreendido pelas crescentes iniciativas das universidades em reduzir a quantidade de resíduos gerados, seja por demandas compulsórias ou redução de custo (MOONEY, 2004). Os resíduos químicos de laboratórios acadêmicos apresentam ainda maiores

complexidades para tratamentos e descarte quando comparados aos resíduos industriais devido à diversidade de compostos (BENATTI; TAVARES; LENZI, 2009, HO; CHEN, 2017). Consequentemente, se não forem gerenciados corretamente podem tornar-se um passivo ambiental perigoso (LARA *et al.*, 2017).

Por outro lado, Woolliams, Lloyd e Spengler (2005), Kaplowitz *et al.* (2012) apontam a necessidade de estudos sobre a conservação de energia em laboratórios de forma a superar as complexidades que permeiam a temática. Em complemento, há pouco conhecimento sobre o contexto da implementação das práticas em laboratórios químicos, em especial, os fatores de sucesso que facilitam o processo de implementação.

Esse entendimento descomplicará a tomada de decisão para os gestores planejar e potencializará o desenvolvimento e a disseminação de práticas (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003) e a sustentabilidade (FU *et al.*, 2018). Logo, essa pesquisa preenche o vazio na literatura ao direcionar uma visão sistemática sobre a adoção de práticas ambientais por laboratórios químicos contemplando um entendimento do contexto de implantação, em especial os fatores facilitadores antes não abordados com profundidade na literatura.

Especificamente, este estudo se norteia pelos seguintes questionamentos: Quais práticas ambientais implementadas por laboratórios químicos? Como foram implementadas as práticas identificadas na literatura? Assim, o objetivo desta pesquisa é propor um *framework* para implementação de práticas ambientais em laboratórios químicos visando potencializar sua adoção. Para tanto, dois métodos serão utilizados: uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) e uma pesquisa empírica por meio de estudos de caso.

A RSL permite desenvolver uma busca ampla na literatura, além de condensar sistematicamente informações específicas por meio do mapeamento e avaliação dos estudos existentes, identificando lacunas e ampliando a possibilidade para novos estudos (SALIM; RAHMAN; WAHAB, 2019, PILBEAM; ALVAREZ; WILSON, 2012, TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003). Por sua vez, os estudos de caso aumentam a validade dos resultados teóricos (YIN, 2016). Nesse sentido, se buscar descrever as informações de forma minuciosa e ainda aproximar a realidade dos laboratórios dos casos estudados com as informações obtidas da literatura, superando as limitações científicas que não puderam ser respondidas no estudo teórico (YIN, 2015).

Esta pesquisa, portanto, aborda uma discussão ao analisar as pesquisas existentes sobre laboratórios químicos, indo além da argumentação tradicional abordada na literatura restrita ao gerenciamento de resíduos químicos. Do mesmo modo, tem potencial de aplicação prática, uma vez que contribui apontando as principais ações utilizadas e que podem vir a ser disseminadas nos laboratórios químicos como também se estendendo a outros tipos de laboratórios similares.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo propor um *framework* para implementação de práticas ambientais em laboratórios químicos visando potencializar sua adoção. Para atender esse objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar práticas ambientais implementadas em laboratórios químicos a partir da revisão de literatura e estudos empíricos.
- b) Analisar fatores facilitadores para implementação de práticas ambientais em laboratórios químicos.
- c) Analisar fatores motivadores para implementação de práticas ambientais em laboratórios químicos.
- d) Analisar barreiras que dificultam a implementação de práticas ambientais em laboratórios químicos.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação compreende seis seções. Na seção 1 foram apresentadas as questões introdutórias com a problematização da temática, justificativa e objetivo desta pesquisa. A seção 2 apresenta uma Revisão Sistemática de Literatura, a metodologia e os resultados discutidos com base em um modelo conceitual. A seção 3 aborda o estudo empírico, destacando como a coleta e análise de dados foram realizadas. A seção 4 descreve a análise de quatro estudos de caso de forma detalhada. A seção 5 evidencia uma análise cruzada dos quatro casos mostrando os padrões e descobertas empíricas observadas, os resultados discutidos a partir do refinamento do *framework* conceitual e o produto final da pesquisa. Por fim, a seção 6 mostra as limitações e as sugestões para futuros estudos.

2 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

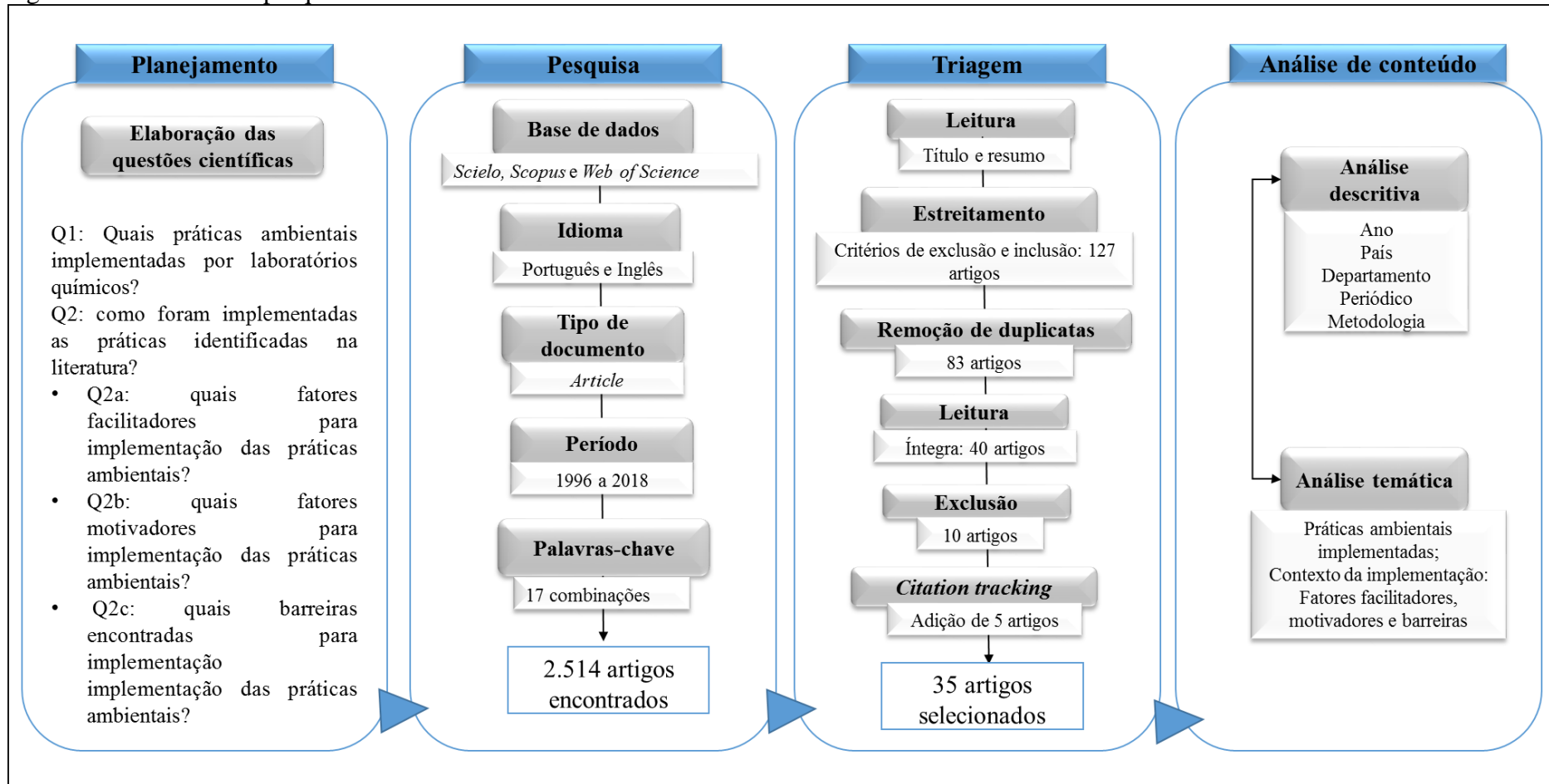
A revisão sistemática de literatura (RSL), contrariamente das revisões de literatura tradicionais, tem como particularidades evitar que os resultados apontem para uma mesma vertente (SALIM; RAHMAN; WAHAB, 2019) além de detalhar de forma compreensível os passos aplicados possibilitando a repetição dos procedimentos a serem adotados por outros pesquisadores (NAWAZ; KOÇ, 2018, TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003). Esta seção, portanto, irá apresentar o passo a passo desenvolvido para a condução da revisão.

2.1 METODOLOGIA

Com base no objetivo proposto, uma RSL foi realizada de acordo com Tranfield, Denyer e Smart (2003). Esses autores são frequentemente citados em revisões sistemáticas de literatura dentro da perspectiva organizacional como demonstram os estudos de Dienes, Sassen e Fischer (2016), Adams *et al.* (2016), Nawaz e Koç (2018), Fu *et al.* (2018) e Farias *et al.* (2019).

A RSL é um método que segue um protocolo composto por quatro etapas: planejamento, pesquisa, triagem e análise de conteúdo (Figura 1). Na etapa de planejamento, foram elaboradas as questões-científicas. Na pesquisa, critérios para busca de artigos foram estabelecidos, contemplando palavras-chave, base de dados, tipos de documento, idioma e período de publicação. Em seguida na fase de triagem, artigos foram selecionados com uso de critérios de inclusão e exclusão. Por último, a etapa de análise dos conteúdos com abordagens temática e descritiva.

Figura 1 – Protocolo da pesquisa.



Fonte: Adaptada de Tranfield, Denyer e Smart (2003); Denyer e Tranfield (2009).

2.1.1 Planejamento

O primeiro passo compreendeu formular questões científicas norteadoras na condução do desenvolvimento da pesquisa, as quais foram definidas com base em aspectos relevantes abordados na literatura e, principalmente, preencher as lacunas identificadas.

Sendo assim, esta pesquisa está ancorada em termos ou conceitos para responder os seguintes questionamentos: Quais práticas ambientais implementadas por laboratórios químicos? (Q1) e como foram implementadas as práticas identificadas na literatura? (Q2). Para ter mais clareza e objetividade no entendimento do contexto de implementação das práticas ambientais pelos laboratórios, a segunda questão foi subdividida em: quais fatores facilitadores para implementação das práticas de ambientais? (Q2a); quais fatores motivadores para implementação das práticas ambientais? (Q2b) e quais barreiras encontradas para implementação das práticas de ambientais? (Q2c).

2.1.2 Pesquisa

Esta fase selecionou 9 palavras-chave ("chemical laborat*", universit*, environment*, management, waste, "chemical waste", "hazard waste" e "laborat*") resultando em 17 combinações para ampliar o leque de busca de artigos sobre ao tema. Três bases de dados foram selecionadas para atender ao estudo: *Scielo*, *Web of Science* e *Scopus*. A opção por essas bases se deu por abrangerem publicações periódicas de nível nacional e internacional, de editoras científicas que publicam artigos de qualidade e credibilidade, além do seu conteúdo científico ser avaliado por pares. Em adição, quando se pretende analisar a bibliometria dos estudos, as bases *Web of Science* e *Scopus* são amplamente escolhidas (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Além disso, a escolha da base *Scielo* justifica-se com o intuito de entender a situação atual dos laboratórios químicos acadêmicos brasileiros.

Após escolhidas as bases, a busca dos artigos deu início com a combinação de três ou quatro palavras utilizando-se o conector booleano "AND". O uso das aspas foi necessário para direcionar a busca do tema com mais especificidade, como exemplo: "harzard waste" e "chemical waste". O operador de truncagem asterisco (*) também foi usado de forma a encontrar palavras derivadas com sufixos diferentes, como

*environmt**, *practice**, *universit**. Para outras palavras foi necessária a associação de mais de um conector, como “*laborat**” e “*chemical laborat**”.

O idioma escolhido foi o português para pesquisa na *Scielo* e o inglês, para *Scopus* e *Web of Science*, visando uma melhor obtenção dos resultados já que a maior parte do acervo dessas bases se encontra nesse idioma. Diante disso, é válido destacar que no idioma inglês não existe diferença entre os termos “gerenciamento” e “gestão” como para a língua portuguesa. Por esse motivo, a combinação dos termos para pesquisa na *Scielo* foi constituída por 18 palavras.

Foram utilizados como critérios na busca de artigos: estudos publicados a partir de 1996 até o presente; restritos a título do artigo, resumo e palavras-chave; limitados ao tipo *article*; o idioma *english*; de acesso livre; e alinhamento com as questões científicas. O corte temporal escolhido parte do surgimento do conceito do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) em 1996. Para Rino e Salvador (2017) a partir da adoção de um SGA, ocorreu uma difusão de práticas ambientais nas organizações, fundamentadas nos princípios e diretrizes desse Sistema. Com base nisso, houve também um crescimento na investigação desse processo de implantação de práticas ambientais. Assim, após incluir todos os critérios de busca, 2.514 artigos no total foram encontrados.

2.1.3 Triagem

A partir da leitura do título e resumo dos artigos encontrados, 2.383 artigos foram descartados por não abordarem o tema estudado. Os artigos excluídos eram, em especial, relacionados à estudos sobre resíduos de laboratórios da área de saúde, segurança de laboratórios (por exemplo, riscos de acidentes), resíduos urbanos e estudos de sustentabilidade em universidades que não contemplavam laboratoriais químicos.

Um total de 131 artigos foram selecionados somando-se as três bases. Destaca-se que, em virtude de um problema para exportar os artigos da base de dados *Web of Science* para o software Mendeley, foi feita a leitura do título e resumo de todos os artigos encontrados nessa base antes da remoção das duplicatas. Sendo assim, foram identificadas 91 duplicatas, restando um total de 40 artigos. Esses artigos selecionados foram então codificados e lidos em sua totalidade visando uma análise mais aprofundada.

Após a leitura na íntegra, 10 artigos ainda foram descartados por não

apresentarem informações compatíveis com objetivo da pesquisa. O foco dos mesmos tratava de resíduos em universidades, contudo, não especificava se a origem contemplava apenas laboratórios químicos, abordando a temática de forma ampla. Dessa forma, foi considerado questionável suas informações e, por isso, excluídos para integrar a revisão.

Em seguida, foram adicionados como fontes secundárias mais 5 artigos por *citation tracking*, que consiste em selecionar artigos citados entre os já previamente selecionados da revisão, que agregasse conteúdo a pesquisa (PIMENTA, 2016). Assim, uma amostragem final de 35 artigos foram selecionados para compor a RSL. A lista completa dos artigos encontra-se no apêndice A.

2.1.4 Análise de conteúdo

A análise de conteúdo buscou responder as questões científicas a respeito das práticas ambientais implementadas por laboratórios químicos. Para identificar as questões relevantes relacionadas ao conteúdo dos artigos selecionados, foram consideradas abordagens descritivas e temáticas (Quadro 1), conforme proposto por Tranfield, Denyer e Smart (2003). Essas são abordagens comumente adotadas em revisões sistemáticas como mostram os estudos de Fu *et al.* (2018) e Oliveira *et al.* (2018).

Quadro 1 – Categorias adotadas na análise de conteúdo

Análise	Categorias analisadas	Descrição
Descritiva	Ano, país, dimensão, departamento acadêmico, periódico e metodologia.	Dados bibliométricos
Temática	Análise das práticas ambientais em laboratórios químicos.	Práticas ambientais implementadas, fatores facilitadores, motivadores e barreiras para implementação.

Fonte: Adaptada de Tranfield, Denyer e Smart (2003).

A análise descritiva compreende a bibliometria dos artigos selecionados sintetizando informações gerais das pesquisas e atualizando o campo para futuros estudos (YIN; GONG; WANG, 2018), servindo, portanto, de base a outras pesquisas em áreas similares. Nesse sentido, conteúdos relacionados ao ano de publicação dos artigos, país onde o estudo foi desenvolvido, departamento acadêmico que mais

contribuiu com as pesquisas que abordam a temática, periódicos mais relevantes e metodologias empregadas foram identificados.

A análise temática, por sua vez, consiste em um método que investiga com detalhes um conjunto de informações, apontando as tendências das pesquisas bem como facilita os estudos em análise qualitativa por possibilitar a compreensão e relação dos diferentes contextos (ATTRIDE-STIRLING, 2001, BRAUN; CLARKE, 2006, RODRIGUES *et al.*, 2011, FU *et al.*, 2018). Assim, essa etapa visou compreender detalhadamente as práticas ambientais implementadas por laboratórios químicos e o contexto da implementação através da identificação e entendimento sobre os fatores facilitadores, motivadores e barreiras para implementação das práticas. Além disso, essa análise também revela as novas tendências de pesquisas no campo dos laboratórios químicos preenchendo lacunas identificadas na literatura.

2.2 RESULTADOS

Esta seção discorre sobre os resultados obtidos da análise descritiva e da análise temática resultantes da RSL. A análise descritiva possibilitou compreender os dados bibliométricos e descrever os achados mais relevantes. Por outro lado, a análise temática permitiu entender como o contexto que envolve a implementação das práticas ambientais são abordadas na literatura.

2.2.1 Análise descritiva

Os dados apresentam uma abordagem recente com estudos de aproximadamente 20 anos (Gráfico 1). As primeiras práticas ambientais identificadas foram divulgadas por Jardim (1998) retratando de forma conjunta o gerenciamento de resíduos e de produtos químicos. Nesse estudo, o autor direcionou os caminhos que podem ser seguidos para a implementação de um plano de gestão de resíduos em laboratórios. Ademais, o autor pontuou acerca da importância da caracterização e rotulagem de todos os reagentes para as etapas que sucedem o tratamento ou descarte, como também para utilização de técnicas de mini escala que contribuem para reduzir a utilização de produtos químicos.

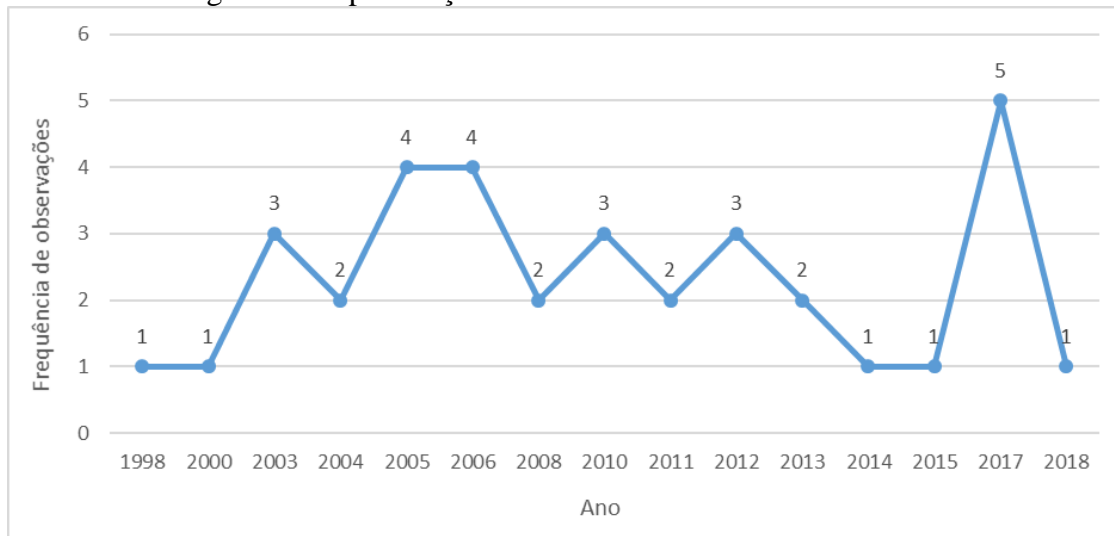
Em 2003, surge de forma atrelada ao contexto do gerenciamento de resíduos e produtos químicos, a discussão da prática da educação ambiental concernente à

conscientização dos alunos por meio de ensinamentos que promovam à ética e estimule atitudes diárias no tocante à manipulação, tratamento e descarte correto dos resíduos químicos (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003). Simultaneamente, foi publicado um artigo revelando iniciativas referentes à gestão e planejamento inseridos no cenário de laboratórios. O artigo partiu de uma problemática ocasionada por volumes consideráveis de produtos químicos que perderam a utilidade ou acabaram vencendo no estoque. Devido aos custos onerosos para a disposição final desses resíduos perigosos e para evitar o descarte inadequado, mudanças foram tomadas para otimizar o uso, assim como a inserção de novos experimentos com produtos menos tóxicos para as aulas práticas (HOURI; WEHBE, 2003).

Somente a partir do ano de 2005 foram identificadas práticas que não focavam especificamente em gerenciamento de resíduos. Assim, práticas relacionadas às conformidades legais e design da infraestrutura, eficiência energética e conservação da água foram retratadas de forma incipiente no referido ano. Gibbs (2005) mostrou como um sistema de informação para monitorar produtos químicos serviu para emitir relatórios de segurança e conformidades exigidos pela *Environmental Protection Agency* (EPA) pelo controle dos produtos armazenados. O autor também apontou que esse sistema ajudou no planejamento do projeto das instalações físicas de acordo com o volume a ser armazenado e as exigências de compatibilidade química. Woolliams, Lloyd e Spengler (2005) realizaram um estudo sobre como reduzir a energia em laboratórios universitários apontando implicações técnicas e comportamentais. Tavares e Bendassolli (2005) trouxeram à discussão a implantação de um programa de gerenciamento de resíduos e de racionalização do uso de águas em laboratórios.

Os estudos mais recentes retomam o tema do gerenciamento de resíduos demonstrando ser, de fato, a maior questão estudada dentro de laboratórios químicos acadêmicos. São exemplos de artigos atuais encontrados acerca da discussão do gerenciamento de resíduos perigosos (LARA *et al.*, 2017), principais impactos da química na indústria, academia e sociedade (MARTEEL-PARRISH; NEWCITY, 2017), qualidade ambiental das universidades (KILKIS, 2017), sistema de reciclagem de resíduos líquidos (ZWECKMAIR *et al.*, 2017) e análise do ciclo de vida associada à melhoria contínua para gestão de resíduos químicos (FAGNANI; GUIMARÃES, 2017).

Gráfico 1 – Progressão de publicações acerca da temática



Fonte: Elaboração própria em 2019.

No tocante aos países que mais contribuem com pesquisas nessa área, pode-se observar uma distribuição geográfica limitada aos continentes americano, europeu e asiático. O destaque compreende o continente americano com 14 contribuições do Brasil, 9 dos Estados Unidos da América (EUA), 1 do Canadá e 1 do México (Gráfico 2). Em seguida, Taiwan configurou maior representatividade no continente asiático com 2 publicações, além de 1 pesquisa da China e outra das Filipinas. Quatro estudos foram realizados por países europeus como Espanha e Reino Unido com 1 artigo cada e 2 pela Áustria. Por fim, a Turquia apresentou 1 publicação, sendo considerado um país euroasiático.

Tal realidade pode ser compreendida tendo em vista que no continente Europeu e na América do Norte existem políticas públicas, como por exemplo a Declaração Tallories de 1999 sobre universidades sustentáveis e a Declaração de Luneburg de 2001 que impulsionam a implementação de práticas ambientais em universidades (IFEGBESAN; OGUNYEMI; RAMPEDI, 2017). Em adição, Fagnani e Guimarães (2017) revelaram que as universidades da Europa, Canadá e EUA lideram o topo das mais sustentáveis do mundo.

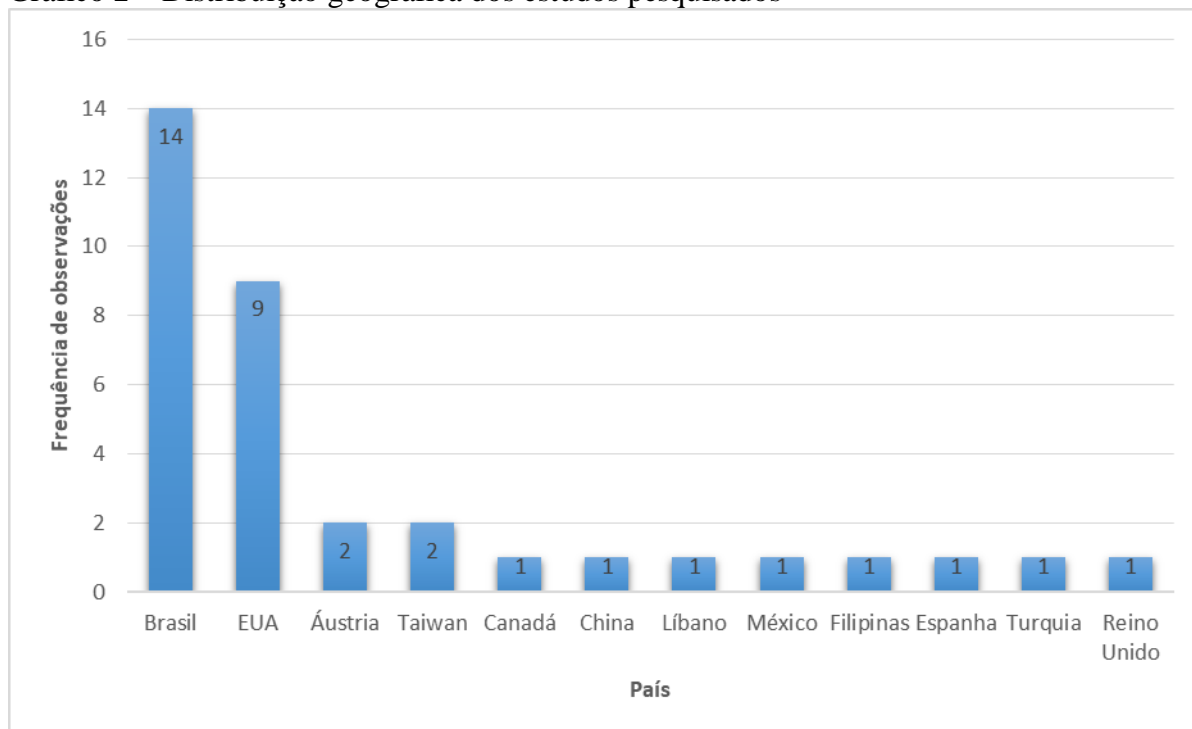
Um achado interessante da pesquisa foi o fato de que estudos que contemplavam outras práticas ambientais, sem focar no gerenciamento de resíduos, foram realizados em universidades de países desenvolvidos. Práticas como conformidades legais (GIBBS, 2005), conservação energética (KAPLOWITZ *et al.*, 2012) e design da infraestrutura (WOOLLIAMS; LLOYD; SPENGLER, 2005) foram identificadas.

Esse cenário pode expressar que nesses países o gerenciamento dos resíduos

pode ser considerado como um problema já controlado, diferentemente do que ocorre nos países em desenvolvimento. De fato, grande parte dos países em desenvolvimento não possuem uma gestão eficiente dos seus resíduos comprometendo as etapas que antecedem uma disposição adequada (ZACH, 2000, FAGNANI; GUIMARÃES, 2017) e isso pode se estender às instituições de ensino. Hourri e Wehbe (2003) observaram que em universidades de países em desenvolvimento é frequente a ausência da fiscalização e controle dos resíduos perigosos, em especial oriundos dos laboratórios químicos das instituições.

A gestão de resíduos químicos é uma problemática constante nas instituições de ensino brasileira e, provavelmente por isso, bastante discutida no país (JARDIM, 1998, GERBASE *et al.*, 2005). Assim, o elevado número de contribuições da pesquisa brasileira pode estar relacionado às tentativas de solucionar os entraves que o país ainda enfrenta no tocante à gestão de resíduos químicos. De fato, isso se sustenta pelos resultados encontrados durante esta revisão de literatura em que todos os 14 artigos publicados pelo Brasil abordam temas relacionados com foco ao gerenciamento de resíduos. É importante destacar que a busca pela *Scielo* elevou o quantitativo dos artigos publicados por instituições brasileiras, haja vista que essa base compreende principalmente periódicos científicos do Brasil.

Gráfico 2 – Distribuição geográfica dos estudos pesquisados



Fonte: Elaboração própria em 2019.

Dentro do contexto acadêmico, procurou-se identificar qual o departamento desenvolvia a pesquisa sobre as práticas ambientais em laboratórios químicos. Foi constatado um envolvimento expressivo do departamento de química em relação aos demais (Tabela 1). Esses resultados não foram surpreendentes porque o departamento de química está diretamente ligado às problemáticas que abrangem os laboratórios químicos (GERBASE *et al.*, 2005). Por outro lado, pode-se observar uma progressão de estudos pelos departamentos de engenharia e saúde e segurança ambiental. Giles (2010) observou que vem sendo constante a busca de pesquisas por essas áreas relacionadas ao meio ambiente para gerir corretamente os produtos químicos em excesso nas universidades.

Tabela 1 – Departamentos que mais produzem pesquisa sobre a temática

Departamentos	Frequência de observações
Química	18
Engenharia química	4
Saúde e segurança ambiental	4
Engenharia ambiental	3

Fonte: Elaboração própria em 2019.

A análise também visou apresentar os periódicos mais relevantes referente às publicações sobre a temática, encontrando uma diversidade de revistas (Tabela 2). As cinco revistas mais citadas representam 60% de um total de 19 periódicos diferentes identificados. Os artigos encontrados no periódico brasileiro Química Nova abordam como tema comum a gestão e gerenciamento de resíduos químicos por meio de tratamentos internos, recuperação, reutilização e destinação final adequada, como os estudos de Silva *et al.* (2015), Alberguini, Silva e Rezende (2003), Imbriosi *et al.* (2006) e Leite, Alcântara e Afonso (2008).

Tabela 2 – Número de publicações dos principais periódicos

Periódicos	Frequência de observações
Química Nova	7
<i>Journal of Chemical Health & Safety</i>	6
<i>Journal of Cleaner Production</i>	3
<i>Waste Management</i>	3
<i>International Journal of Sustainability in Higher Education</i>	2

Fonte: Elaboração própria em 2019.

As publicações no *Journal of Chemical Health and Safety* eram relacionadas à implementação de experimentos em mini escala (WARGNIEZ; OLEAS; YAMAGUCHI, 2012), o gerenciamento de inventário de produtos químicos e relatórios normativos (GIBBS, 2005), desenvolvimento de um inventário de resíduos químicos e perigosos (SANTOS *et al.*, 2011), de que maneira os conceitos da química verde podem contribuir para reduzir os resíduos perigosos nas universidades (MOONEY, 2004). Além disso, como evitar a geração em larga escala de resíduos perigosos (DRUMMOND, 2006) e por fim, os benefícios de um programa de reciclagem de equipamentos em laboratórios químicos (GILES, 2010).

O jornal *Waste Management* contemplou 3 publicações, sendo estas relacionadas à programa na web para a manutenção de inventários completos de produtos químicos (MCLEAN *et al.*, 2006), gestão em tratamento de resíduos líquidos (HO; CHEN, 2018) e gestão focando na segregação e tratamento de resíduos químicos laboratoriais (ZACH, 2000). Já o *Journal of Cleaner Production* trouxe também 3 artigos com discussões que envolviam um programa para gestão de resíduos perigosos (LARA *et al.*, 2017), plano de gestão de resíduos para instituições de ensino superior em países em desenvolvimento (FAGNANI; GUIMARÃES, 2017) e os caminhos que podem levar ao desenvolvimento de uma universidade verde (GENG *et al.*, 2013).

No tocante à metodologia mais empregada, a abordagem empírica como os estudos de caso (12 estudos) parece ser a estratégia mais utilizada para a temática, apresentando predominância em 22 artigos (Tabela 3). Os estudos apresentaram uma diversidade quanto à escolha das fontes de evidência no estudo de caso. As fontes compreenderam a análise documental e a entrevista (SMYTH; FREDEEN; BOOTH, 2010, GENG *et al.*, 2013), entrevistas e observação direta (Pereira *et al.*, 2014) e entrevistas semiestruturadas (KAPLOWITZ *et al.*, 2012). Além disso, alguns autores optaram por incluir o método *survey* ao estudo de caso (WARGNIEZ; OLEAS; YAMAGUCHI, 2012, FAGNANI; GUIMARÃES, 2017, LEITE; ALCÂNTARA; AFONSO, 2008, HO; CHEN, 2018, SANTOS *et al.*, 2011, MCLEAN, 2006, IMBRIOSI, 2006).

Por exemplo, Leite, Alcântara e Afonso (2008) utilizaram questionários para obter informações acerca da percepção dos alunos de graduação em química referente ao gerenciamento dos resíduos de laboratório. Santos *et al.* (2011) utilizaram a mesma ferramenta para colher sugestões e feedback sobre os usuários de um sistema de informação de um inventário de resíduos perigosos. Sob outra perspectiva, Woolliams,

Lloyd e Spengler (2005) utilizaram unicamente o *survey* para levantar informações com vistas às questões de eficiência energética dos laboratórios de Harvard, como mudanças comportamentais e técnicas, além das normas e padrões exigidos que induzem a melhorias do projeto da estrutura física e atividades dos laboratórios.

Tabela 3 – Metodologias utilizadas nos artigos selecionados

Metodologia	Frequência de observações
Estudo de caso	16
Pesquisa experimental	8
Survey + Estudo de caso	7
Artigo de revisão	3
Survey	1

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Apenas três artigos de revisão foram encontrados. O primeiro artigo abordou como desenvolver um laboratório de química orgânica verde, contemplando as práticas de educação ambiental e de gerenciamento de produtos químicos (GOODWIN, 2004). Nessa perspectiva, fazer uso de princípios da química verde em laboratórios químicos nas instituições de ensino e pesquisa compreende atenuar ou extinguir a utilização de substância perigosas (MOONEY, 2004). O segundo retratou o impacto ambiental gerado pelas atividades de laboratório em instituições de ensino e pesquisa associado às práticas de resíduos químicos e educação ambiental (NASCIMENTO; TENUTA FILHO, 2010). O terceiro artigo apresentou como a química verde pode contribuir para redução dos impactos e melhorar a sustentabilidade no âmbito da indústria, academia e sociedade nos EUA (MARTEEL-PARRISH; NEWCITY, 2017). Esse artigo mostrou práticas relacionadas à educação ambiental, gerenciamento de resíduos e produtos químicos, conformidades legais além da gestão e planejamento. Diante do exposto, é válido relatar que nenhum desses três artigos de revisão contemplou a discussão do contexto que envolve a implementação de outras práticas ambientais nos laboratórios químicos. Em adição, é interessante notar que nenhum deles foram conduzidos usando a metodologia de revisão sistemática.

Por fim, a análise experimental foi expressiva em oito artigos. Por se tratar de uma temática com predominância de estudos que abordam a prática de gerenciamento de resíduos, os resultados não se tangenciaram do padrão esperado, tendo em vista que em sua grande maioria esses experimentos buscaram a diminuição dos resíduos gerados, reuso, ou a utilização de menos produtos e reagentes nos processos de análises. Práticas

como o tratamento interno (BENATTI; TAVARES; GUEDES, 2006, ALVES *et al.*, 2005, ZWECKMAIR *et al.*, 2017, KUO *et al.*, 2011, HOURI; WEHBE, 2003, LUNA *et al.*, 2013, SILVA *et al.*, 2015), os experimentos em mini escala (BENATTI; TAVARES; GUEDES, 2006, HOURI; WEHBE, 2003), inventários de produtos químicos (BENATTI; TAVARES; GUEDES, 2006, HOURI; WEHBE, 2003), reutilização e reciclagem de resíduos ou solventes (ZWECKMAIR *et al.*, 2017, KUO *et al.*, 2011, SILVA *et al.*, 2015, AFONSO *et al.*, 2003), tratamento externo (KUO *et al.*, 2011) e a substituição de produtos químicos menos tóxicos (HOURI; WEHBE, 2003) foram citadas.

2.2.2 Análise temática

A análise temática identificou as práticas ambientais, os fatores motivadores, os facilitadores, as barreiras e o contexto da implementação que serão discutidos a seguir.

2.2.2.1 Práticas ambientais

As práticas ambientais podem ser compreendidas como ações ou processos implementados com o intuito de utilizar os recursos naturais sem causar desequilíbrio ao meio ambiente (MARTEEL-PARRISH; NEWCITY, 2017). Em complemento, no que concerne ao âmbito organizacional, as práticas consistem em um diversificado escopo de ações estratégicas visando minimizar os impactos ambientais causados pelas atividades ou processos (RÍO-RAMA; ÁLVAREZ-GARCÍA; OLIVEIRA, 2018). Um total de 48 práticas ambientais foram identificadas nesta RSL, sendo essas agrupadas em oito categorias com base em critérios de tipologia de aspectos ambientais e gestão e controle ambiental (Tabela 4).

Tabela 4 – Categorias de práticas ambientais com suas principais subcategorias

ID.	Categorias e principais subcategorias de práticas ambientais	Frequência de observações	Exemplos de autores
	<i>Gerenciamento de resíduos químicos</i> ^{AA}	31	
P07	Tratamento interno	20	Benatti, Tavares e Guedes (2006), Alves <i>et al.</i> (2005)
P08	Reutilização e reciclagem	18	Silva e Machado (2008), Imbriosi <i>et al.</i> (2006)
P09	Segregação e caracterização	15	Lara <i>et al.</i> (2017), Smyth, Fredeen e Booth (2010)

Continuação...

ID.	Categorias e principais subcategorias de práticas ambientais	Frequência de observações	Exemplos de autores
Gerenciamento de produtos químicos^{AA}		22	
P21	Experimentos em mini escala	10	McLean <i>et al.</i> (2006), Wargniez, Oleas e Yamaguchi (2012)
P22	Inventário de produtos químicos	9	Gibbs (2005), Santos <i>et al.</i> (2011)
P23	Etiquetas de identificação/códigos de barra de produtos químicos	9	Silva e Machado (2008), Imbriosi <i>et al.</i> (2006)
Educação ambiental^{GCA}		22	
P01	Conferências, seminários, cursos e campanhas educativas	19	Lara <i>et al.</i> (2017), Nascimento e Tenuta Filho (2010)
P02	Inserção dos conceitos da Química verde na grade curricular	9	Leite, Alcântara e Afonso (2008), Kilkis (2017)
Gestão e Planejamento^{GCA}		10	
P55	Manuais de laboratório	4	Afonso <i>et al.</i> (2003), Wargniez, Oleas e Yamaguchi (2012)
P57	Programas ambientais / SGA	2	Montanes, Palomares e Sanchez-Tovar (2012)
Eficiência energética^{AA}		7	
P29	Equipamentos de economia de energia	5	Kaplowitz <i>et al.</i> (2012), Woolliams, Lloyd e Spengler (2005)
P30	Lâmpadas economizadoras de energia	3	Lara <i>et al.</i> (2017), Geng <i>et al.</i> (2013)
P35	Energia solar (Placas fotovoltaicas)	2	Kilkis (2017)
Conformidades legais^{GCA}		6	
P42	Monitoramento de produtos químicos vencidos	3	Gibbs (2005), Santos <i>et al.</i> (2011)
P43	Monitoramento de resíduos perigosos	3	Drummond (2006), Ho e Chen (2018)
Design da infraestrutura^{GCA}		6	
P41	Planejamento de instalações (Projeto de concepção)	4	Woolliams, Lloyd e Spengler (2005), Silva e Machado (2008)
P40	Sistema de iluminação/ telhado translúcido/vidro	2	Lara <i>et al.</i> (2017)
Conservação de água^{AA}		4	
P49	Substituição de equipamento de economia de água	2	Kilkis (2017), Tavares e Bendassolli (2005)
P50	Sistema para captação da chuva	2	Kilkis (2017), Geng <i>et al.</i> (2013)
P51	Programa de conservação de água	1	Pereira <i>et al.</i> (2014)

Legenda: AA - Aspectos Ambientais; GCA – Gestão e Controle Ambiental

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Os aspectos ambientais podem ser entendidos como aqueles fatores capazes de sofrer interação com o meio e causar impactos danosos ou favoráveis ao ambiente (SILVA; LOPES, 2017). Essa categoria inclui o consumo de água (conservação da água), consumo de energia (eficiência energética), geração de produtos químicos (gerenciamento de produtos químicos) e a geração de resíduos químicos (gerenciamento de resíduos químicos). Por outro lado, a gestão e controle ambiental, a adoção de práticas para conformidade legal, controle dos aspectos ambientais (TACHIZAWA; POZO, 2007) e gestão de riscos (POTRICH; CORTIMIGLIA; MEDEIROS, 2019). Assim, essa categoria inclui o design da infraestrutura, gestão e planejamento ambiental, educação ambiental e conformidades legais.

Nesta RSL, o gerenciamento de resíduos químicos foi confirmado como a prática mais estudada. Isso pode ocorrer em virtude da periculosidade de seus compostos associados às consequências ambientais que podem causar (MCLEAN *et al.*, 2006), como também representar dentro de instituições de ensino e pesquisa um dos maiores problemas encontrados para atingir a sustentabilidade (SMYTH; FREDEEN; BOOTH, 2010). Das práticas de gerenciamento de resíduos químicos, as mais citadas possuem características mais preventivas como o tratamento interno com 20 artigos (BENATTI; TAVARES; GUEDES, 2006, ALVES *et al.*, 2005, ZWECKMAIR *et al.*, 2017), seguido pela reutilização e reciclagem de resíduos com 18 (KUO *et al.*, 2011, SILVA *et al.*, 2015) e a segregação/caracterização/coleta seletiva dos resíduos representado por 15 artigos (SMYTH; FREDEEN; BOOTH, 2010, ZACH, 2000).

O tratamento interno consiste em técnicas necessárias para possibilitar a redução da toxicidade dos parâmetros dos rejeitos líquidos estabelecidos por lei (BENATTI; TAVARES; GUEDES, 2006) como as Resoluções CONAMA 410/2009 e 430/2011. As práticas encontradas foram a precipitação com 8 observações (NASCIMENTO; TENUTA FILHO, 2010, ALVES *et al.*, 2005), redução (ZACH, 2000, LUNA *et al.*, 2013) e neutralização (LEITE; ALCÂNTARA; AFONSO, 2008, ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003) com 6, cada.

Referente à prática de reutilizar, Jardim (1998), Silva *et al.* (2015) e Zweckmair *et al.* (2017) exemplificaram o reaproveitamento do que seria descartado, em outro experimento nas aulas seguintes. Essa prática é possível de ser realizada por outras instituições de ensino e pesquisa podendo ser inserida nas aulas práticas pela equipe do laboratório e professores da área.

Quanto à segregação/caracterização/coleta seletiva dos resíduos, foi considerada

fundamental para ordenar os mesmos de acordo com sua compatibilidade química e física. Isso favorece o tratamento adequado de cada resíduo e proporciona o aproveitamento dos compostos quando possível (LEITE; ALCÂNTARA; AFONSO, 2008, LARA *et al.*, 2017, FAGNANI; GUIMARÃES, 2017). Essa etapa se apresentou como primordial para viabilizar a gestão dos resíduos, além de possibilitar a redução de custos elevados com seu tratamento (JARDIM, 1998). Portanto, essa prática é atrativa, considerando as instituições públicas, devido à limitação de recursos financeiros, especialmente em países em desenvolvimento.

De forma geral, foi constatado que o gerenciamento dos resíduos pode ir além da disposição correta dos materiais (tratamento externo). Um entendimento de todas as etapas geradoras, do que é gerado e de como pode ser reduzido são práticas que podem ser incorporadas levando a uma redução de custo e uma otimização do gerenciamento.

A segunda prática mais citada corresponde ao gerenciamento de produtos químicos (22 artigos). Os experimentos em mini escala foram observados em 10 artigos (GOODWIN, 2004, MCLEAN *et al.*, 2006), o inventário de produtos químicos (GIBBS, 2005, SANTOS, *et al.*, 2011) e as etiquetas de identificação/códigos de barra de produtos químicos em 9 artigos, cada (SILVA; MACHADO, 2008, IMBRIOSI *et al.*, 2006). Os experimentos em mini escala são tendências recorrentes que já vêm sendo utilizadas nas instituições e estabelecem uma quantidade limite para o uso de produto químico. Essa metodologia permite reduzir medidas dos componentes necessários para análise, como reagentes, água, e, além da gerar resíduos em menor proporção (WARGNIEZ; OLEAS; YAMAGUCHI, 2012).

O inventário químico refere-se a um sistema central de banco de informações de todos os produtos químicos existentes no laboratório ou universidade, de acordo com a compatibilidade química, volume, quantidade, local de armazenamento, otimizando o uso e o gerenciamento de substâncias químicas (GIBBS, 2005, SILVA *et al.*, 2015). Esse tipo de prática é interessante aos gestores das universidades por favorecer a redução de despesas (GILES, 2010).

As etiquetas de identificação configuram práticas em que podem ser elaborados rótulos que identificam o produto químico, classificando-o de acordo com o grau de risco ou outras características consideradas relevantes (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003, HO; CHEN. 2017). Uma das questões mais relevantes identificadas para essa prática diz respeito à conservação a longo prazo das informações dos produtos tornando-se essencial para o gerenciamento, pois saber qual o produto está sendo

manipulado e, posteriormente, direcionar para o tratamento mais adequado pode evitar que o mesmo se torne um passivo ambiental (JARDIM, 1998, AFONSO *et al.* 2003, LEITE; ALCÂNTARA; AFONSO, 2008). Ademais, vale destacar que erros de identificação de produtos podem resultar em incompatibilidade química comprometendo tanto as etapas do gerenciamento como causar riscos e acidentes em laboratório acadêmicos (HO; CHEN, 2017).

Do mesmo modo, as ações relacionadas à educação ambiental foram citadas em 22 artigos. Foi constatado em 19 artigos que o desenvolvimento de cursos, conferências e campanhas educativas representava uma forma de estimular a cultura de preservação ambiental a todos os envolvidos, a implementação de práticas e a mudança de hábitos (FAGNANI; GUIMARÃES, 2017). Foi observado em 9 artigos a mudança da grade curricular, incluindo disciplinas envolvendo os conceitos da química verde (LEITE; ALCÂNTARA; AFONSO, 2008, KILKIS, 2017). Dessa forma, a educação ambiental consiste em uma prática que fortalece a gestão e insere uma base para a gestão e controle ambiental de laboratórios. Isso inclui contribuições nos mais variados processos, iniciando pelo conhecimento, conscientização, responsabilidade, habilidades na manipulação de produtos e reagentes e mudança de atitudes (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003, MONTANES; PALOMARES; SANCHEZ-TOVAR, 2012).

A gestão e planejamento foi abordada em 10 estudos. A principal prática incluiu a elaboração de manuais de laboratórios com 4 artigos: manuais de laboratório com procedimentos para melhorar as práticas com experimentos mais limpos (MARTEEL-PARRISH; NEWCITY, 2017), metodologias para experimentos em mini escala (WARGNIEZ; OLEAS; YAMAGUCHI, 2012), manual de segurança para o gerenciamento dos resíduos do laboratório (AFONSO *et al.*, 2003) e técnicas de como aproveitar produtos químicos vencidos (HOURI; WEHBE, 2003). Wargniez, Oleas e Yamaguchi (2012) selecionaram experimentos compatíveis com o processo em mini escala e, em seguida, elaboraram um manual para direcionar as etapas dos procedimentos a serem aplicados nas aulas de química geral I e II.

Programas ambientais foram observados em 2 artigos (PEREIRA *et al.*, 2014, MONTANES; PALOMARES; SANCHEZ-TOVAR, 2012). Pereira *et al.* (2014) constataram a implementação de programas ambientais na Universidade de São Paulo (USP). As principais práticas observadas pelos autores consistiram em programa permanente para eficiência energética, programa de racionamento de água e programa de gestão ambiental. Montanes, Palomares e Sanchez-Tovar (2012) implantaram um

Sistema de Gestão Ambiental (SGA) nos laboratórios de ensino do departamento de engenharia química da Universidade Politécnica de Vale, na Espanha. Os autores tinham como propósito a realização das atividades práticas mais seguras integrando aos conceitos da proteção ambiental. O passo inicial foi a elaboração da política ambiental, seguido da identificação das práticas já implementadas, estabelecimento dos objetivos ambientais e, por fim, a criação de um manual com os procedimentos e instruções para implementar o SGA bem como a previsão de revisões e atualizações recorrentes.

A eficiência energética foi constatada em 7 artigos. A utilização de equipamentos mais eficientes quanto ao consumo (LARA *et al.*, 2017, KILKIS, 2017, KAPLOWITZ *et al.*, 2011, WOOLLIAMS; LLOYD; SPENGLER, 2005, TAVARES; BENDASSOLLI, 2005), o uso de lâmpadas economizadoras (LARA *et al.*, 2017, KILKIS, 2017, GENG *et al.*, 2013) e a utilização da energia solar por placas fotovoltaicas (KILKIS, 2017, GENG *et al.*, 2013) foram as práticas encontradas com maior preponderância. Kaplowitz *et al.* (2011) identificaram que os equipamentos necessários ao funcionamento dos laboratórios são os maiores causadores do elevado consumo energético nesses locais. Geng *et al.* (2013) demonstraram a utilização de energia solar, a mudança por aparelhos e equipamentos mais eficientes e a substituição por lâmpadas de LED podem levar à redução no consumo de energia.

As conformidades legais foram observadas em 6 artigos. As observações corresponderam às conformidades de monitoramento químico (GIBBS, 2005, SANTOS *et al.*, 2011, GILES, 2010) e de resíduos (DRUMMOND, 2006, SMYTH; FREDEEN; BOOTH, 2010, HO e CHEN, 2018). Gibbs (2005) relatou que a *Stanford University* nos EUA faz o monitoramento dos produtos químicos com base nos requisitos do Código Internacional de Construção (IBC) e do Código Internacional de Incêndio (IFC). As imposições estabelecidas compreenderam que o armazenamento dos produtos químicos deveria obedecer a critérios de segurança quanto ao volume e a compatibilidade química (GIBBS, 2005). Santos *et al.* (2011) precisam emitir relatórios frequentemente para as cinco agências governamentais que regulam os produtos químicos perigosos nas Filipinas. Ho e Chen (2018) explicaram que em resposta ao Regulamento da Disposição de Resíduos de Taiwan, os laboratórios de ensino do país foram integrados às questões legais em 2005. A partir desse marco, todas as instituições de educação, passaram de maneira compulsória, a emitir relatórios online comprovando a disposição correta dos seus resíduos. Por fim, é interessante notar que as práticas quando são impostas legalmente, aceleram a implementação. Em adição, as conformidades legais foram

observadas majoritariamente pelos EUA, além do Canadá, Filipinas e Taiwan.

No design da infraestrutura, foram encontrados 6 artigos que incluíam práticas associadas à concepção de projetos de laboratórios (LARA *et al.*, 2017, GIBBS, 2005, KAPLOWITZ *et al.*, 2012, SILVA; MACHADO, 2008, WOOLLIAMS; LLOYD; SPENGLER, 2005, GENG *et al.*, 2013). Woolliams, Lloyd e Spengler (2005) enfatizaram que na elaboração de projetos, deve-se observar as necessidades do laboratório de acordo com sua finalidade. Nesse sentido, os autores apontaram como práticas a instalação de capelas, exaustores de baixo fluxo e sistemas de iluminação, como o uso de sensores inteligentes. Lara *et al.*, (2017) apontaram que em um ambiente totalmente fechado como laboratórios, uma boa opção é o uso de cobertura de vidro no telhado para favorecer a iluminação natural. Os principais benefícios apontados com essas práticas na infraestrutura foram a redução de custos com a energia (KAPLOWITZ *et al.*, 2012, WOOLLIAMS; LLOYD; SPENGLER, 2005).

Práticas ambientais referentes à conservação de água foram identificadas em apenas 4 artigos. A utilização expressiva de água é uma realidade das instituições de ensino e pesquisa devido aos processos contínuos, incluindo os laboratórios (GENG *et al.*, 2013). Nessa perspectiva, as práticas estavam associadas ao uso de equipamentos mais modernos para reduzir o consumo de água. Substituir destiladores por purificadores melhoram a qualidade da água para os processos analíticos em laboratórios (TAVARES E BENDASSOLLI, 2005, KILKIS, 2017). Os destiladores possuem um custo muito elevado tendo em vista que utilizam em média 15 L de água para produzir 1 L de água destilada (TAVARES; BENDASSOLLI, 2005). Por outro lado, os purificadores mantêm uma proporcionalidade de consumo e produção de água purificada.

Geng *et al.*, (2013) apresentaram um programa de conservação de água que integrou a redução do consumo de água doce por meio da reciclagem de águas residuais e o armazenamento de águas da chuva para reaproveitamento. Em adição, Kilkis (2017) demonstrou que um sistema para reaproveitar a água da chuva pode resultar em um percentual de economia de 10% anualmente. Pereira *et al.*, (2014) relataram um programa de racionamento de água no campus baseado na observação do uso individual dos alunos referente à despesa que cada um gerava conseguiu reduzir o consumo de água.

2.2.2.2 Fatores motivadores

Os fatores motivadores podem ser compreendidos como o ponto inicial para impulsionar mudanças em organizações (SANCHA; LONGONI; GIMÉNEZ, 2015). Com base na revisão, a implementação das práticas ambientais em laboratórios químicos é motivada especialmente por ações miméticas e por questões normativas.

Os motivadores miméticos são fatores que tendem a reproduzir ações implementadas por outras organizações (SANCHA; LONGONI; GIMÉNEZ, 2015). Durante a pesquisa, esses fatores foram mais enfatizados quando relacionados a resultados positivos de outras instituições e pela temática que vem sendo discutida na literatura e mídia. Por exemplo, Leite, Alcântara e Afonso (2008) afirmaram que no Brasil, o início da discussão científica acerca da gestão dos resíduos provenientes dos laboratórios associado das vantagens da sua implementação, especialmente pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), motivou outras instituições de ensino e pesquisa a desenvolverem pesquisa na mesma linha. Nessa perspectiva, a temática também direcionou estudos voltados para a combinação do gerenciamento de resíduos com outras práticas que não necessitasse de custos onerosos (MCLEAN *et al.*, 2006). Assim, são exemplos encontrados na literatura: planejar compras de produtos químicos (GILES, 2010), intercâmbio de produtos químicos excedentes ou vencidos (SILVA; MACHADO, 2008), bem como sistema de gerenciamento e armazenamento de produtos químicos (MONTANES; PALOMARES; SANCHEZ-TOVAR, 2012).

Motivadores normativos são aqueles que induzem a implementação de práticas visando o atendimento de leis e normas (SANCHA; LONGONI; GIMÉNEZ, 2015). Esses fatores são condizentes ao nível de maturidade da legislação de cada país. Nos EUA, existe um programa denominado Labs21, criado pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) que ajuda na fiscalização do controle ambiental das atividades dos laboratórios (WOOLLIAMS; LLOYD; SPENGLER, 2005). Wargniez, Oleas e Yamaguchi (2012) apontaram que uma fiscalização da Agência de Proteção Ambiental americana (EPA) na universidade de New Jersey resultou em multas por diversos problemas relacionados à gestão de resíduos e produtos químicos. Conseqüentemente, a instituição foi motivada a implementar uma série de práticas ambientais visando a melhoria na segurança dos laboratórios da universidade, incluindo experimentos em mini escala. Santos *et al.* (2008) constataram que o poder executivo das Filipinas

instituiu diversos regulamentos relacionados a processos de gerenciamento dos resíduos e produtos químicos. Isso levou a um controle mais efetivo dos resíduos e produtos químicos e uma regularização através do licenciamento ambiental. Do mesmo modo, Lara *et al.* (2017) reportaram o efeito da lei geral da prevenção e gestão integral de resíduos, criada em 2004 no México, no gerenciamento dos resíduos, incluindo as universidades.

2.2.2.3 Fatores facilitadores

Os fatores facilitadores são premissas que auxiliam uma organização na adoção das práticas ambientais (SANCHA; LONGONI; GIMÉNEZ, 2015). Dentro desse contexto, diversos fatores foram citados e, por esse motivo, optou-se por categorizá-los de acordo com as características em comum, sendo eles: Recursos humanos, Engajamento dos *stakeholders*, Tecnologia, Disponibilidade de recursos financeiros e Estratégia (Tabela 5). Dessa forma, nesta seção, serão relacionadas a relevância dos facilitadores para cada prática ambiental encontrada e expor como os pesquisadores relatam cada um no contexto da implementação.

Tabela 5 – Categoriais de facilitadores e suas respectivas subcategorias, frequência de observações e exemplos de autores citados

ID.	Categorias e principais subcategorias de facilitadores	Frequência de observações	Exemplos de autores
<i>Recursos humanos</i>		26	
F04	Treinamentos	13	Lara <i>et al.</i> (2017), Nascimento e Tenuta Filho (2010)
F05	Equipe técnica/Comissão especializada	13	Gibbs (2005) e Kilkis (2017)
F06	Apoio da alta administração	12	Leite, Alcântara e Afonso (2008) e Mooney (2004)
F07	Conhecimento/informação	12	Kaplowitz <i>et al.</i> (2011) e Pereira <i>et al.</i> (2014)
<i>Disponibilidade de recursos financeiros</i>		14	
F14	Alternativas de baixo custo/manutenção	8	Imbriosi <i>et al.</i> (2006) e Benatti, Tavares e Guedes (2006)
F15	Apoio do governo/agências de fomento	6	Silva e Machado (2008) e Wargniez, Oleas e Yamaguchi (2012)
F16	Disponibilidade de orçamento da instituição	3	Tavares e Bendassolli (2005) e McLean <i>et al.</i> (2006)

Continuação...

Categorias e principais subcategorias de facilitadores		Frequência de observações	Exemplos de autores
<i>Estratégia</i>		<i>13</i>	
F18	Cultura organizacional	6	Mooney (2004) e Marteel-Parrish e Newcity (2017)
F19	Estabelecimento de planos e metas	6	Smyth, Fredeen e Booth (2010) e Geng <i>et al.</i> (2013)
F20	Melhoramento contínuo	5	Jardim (1998) e Ho e Chen (2018)
<i>Tecnologia</i>		<i>11</i>	
F01	Sistema de informação/softwares	6	Gibbs (2005) e Santos <i>et al.</i> (2011)
F02	Centros de pesquisa/experimentos	3	Kuo <i>et al.</i> (2011) e Hourri e Wehbe (2003)
F03	Equipamentos modernos	3	Kaplowitz <i>et al.</i> (2011) e Kilkis (2017)
<i>Engajamento dos stakeholders</i>		<i>7</i>	
F23	Governo	4	Wargniez, Oleas e Yamaguchi (2012) e Woolliams, Lloyd e Spengler (2005)
F24	Sociedade	4	Fagnani e Guimarães (2017) e Afonso <i>et al.</i> (2003)
F25	Indústria	1	Marteel-Parrish e Newcity (2017)

Fonte: Elaboração própria em 2019.

2.2.2.4 Relação entre os fatores facilitadores e as práticas ambientais

Após a análise do conteúdo, foi calculada a média e mediana pela quantidade de citações que cada fator facilitador obteve relacionado diretamente com cada prática ambiental identificada. Todos os valores acima da média foram considerados de alta relevância, resultados entre a média e a mediana são de significância média, e inferior a mediana, de baixa relevância (Quadro 2).

Quadro 2 – Relação dos facilitadores correspondente a cada prática ambiental

FACILITADORES	PRÁTICAS AMBIENTAIS							
	Gerenciamento de resíduos químicos	Gerenciamento de produtos químicos	Educação ambiental	Conformidades legais	Gestão e planejamento	Eficiência energética	Design da infraestrutura	Conservação da água
Recursos humanos	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Disponibilidade de recursos financeiros	Média	Alta	Baixa	Média	Baixa	Média	Alta	Baixa
Estratégia	Média	Média	Média	Média	Alta	Média	Baixa	Média
Tecnologia	Baixa	Baixa	Baixa	Alta	Média	Média	Baixa	Média
Engajamento dos <i>stakeholders</i>	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Média	Baixa	Média	Baixa

*Relevância do fator de sucesso para implementação da prática. Critério usado: Alta – número maior que a média e mediana das citações encontradas que mencionava a prática / Média – menor que a média e maior que mediana / Baixa – menor que a média e mediana. Fonte: PIMENTA (2016).

Fonte: Elaboração própria em 2019.

2.2.2.4.1 Recursos humanos

Dos 35 artigos identificados na revisão de literatura, 26 abordaram os recursos humanos como principais fatores de sucesso em laboratórios químicos. Esse facilitador representou alta relevância para todas as práticas ambientais implementadas por laboratórios. Os treinamentos (LARA *et al.* 2017, MCLEAN *et al.* 2006), dispor de uma equipe técnica/comissão especializada (GIBBS, 2006, ZWECKMAIR *et al.*, 2017), o apoio da alta administração (MOONEY, 2004, WARGNIEZ; OLEAS; YAMAGUCHI, 2012) e a difusão do conhecimento (KAPLOWITZ *et al.*, 2012, PEREIRA *et al.*, 2014) foram os facilitadores mais citados.

Tavares e Bendassolli (2005) observaram que os treinamentos dos técnicos responsáveis foram determinantes para melhorar a gestão dos resíduos na USP. Esses profissionais foram responsáveis por repassar o aprendizado adquirido aos alunos e adotar as medidas mais adequadas referentes ao gerenciamento de resíduos nos 19 laboratórios da universidade. De fato, Leite, Alcântara e Afonso (2008) corroboram ao afirmarem que os treinamentos contribuem para otimização no gerenciamento de programas de resíduos. Em sua pesquisa, os autores ainda concluíram que os próprios alunos consideram os treinamentos por parte da equipe que compõe o laboratório como parte fundamental para um gerenciamento de resíduos. Do mesmo modo, Geng *et al.* (2013) perceberam que os treinamentos asseguram o bom funcionamento nas etapas do gerenciamento de resíduos tóxicos e perigosos, desde a sua coleta até a disposição final.

A prática frequente de treinamentos também foi considerada fundamental para melhorias no gerenciamento de produtos químicos, especialmente no tocante à manipulação, armazenamento e descarte (NASCIMENTO; TENUTA-FILHO, 2010), no planejamento de compras de produtos (MCLEAN *et al.*, 2006) e visando melhorias para o cumprimento de regulamentos e conservação de água (GENG *et al.*, 2013).

Uma questão relevante observada compreende que a periodicidade dos treinamentos foi citada como fundamental para assimilar ao aprendizado e aprimorar os conceitos adquiridos (LEITE; ALCÂNTARA; AFONSO *et al.*, 2008, MARTEEL-PARRISH; NEWCITY, 2017, GENG *et al.*, 2013, MCLEAN *et al.*, 2006).

Possuir uma equipe ou comissão especializada foi um facilitador citado em 13 estudos. Os estudos que mais abordaram essa questão eram referentes ao gerenciamento de resíduos (JARDIM, 1998, AFONSO *et al.*, 2003, TAVARES;

BENDASSOLI, 2005). Por exemplo, Fagnani e Guimarães (2017) apontaram que a equipe especializada contribui para a elaboração de diagnósticos dos resíduos gerados e, dessa forma, direcionar a implementação de práticas de gerenciamento. Alberguini, Silva e Rezende (2003) afirmaram que a criação de uma comissão para o gerenciamento de resíduos foi significativa na operação do laboratório. A comissão era responsável pela identificação e classificação do resíduo, assim como pela criação de um local apropriado para o armazenamento dos resíduos perigosos. Diversamente à questão dos resíduos, outro estudo abordou como relevante a equipe de especialistas para alimentação de dados e informações para um sistema de inventário de produtos químicos (GIBBS, 2005).

No tocante à difusão de informação, foi considerada um facilitador por 12 pesquisas (WARGNIEZ; OLEAS; YAMAGUCHI, 2012, MARTEEL-PARRISH; NEWCITY, 2017). Kaplowitz *et al.* (2012) observaram em seus estudos que divulgar informações a respeito da conservação de energia em laboratórios era um grande aliado, sobretudo, por possibilitar a adaptação em seus laboratórios de alternativas já estudadas por outros pesquisadores para reduzir o consumo energético. Além disso, os autores sugeriram que essa difusão pode ser expressa dando visibilidade às informações em campanhas publicitárias, diários individuais de uso da energia, seminários sobre conservação de energia ou tutoriais online. Leite, Alcântara e Afonso (2008) enfatizaram que a difusão da informação acerca do meio ambiente em laboratórios ocorre por meio de campanhas, palestras e capacitação das pessoas.

Por fim, referente ao apoio da alta administração, também foi apontado por 12 estudos como um importante facilitador (LEITE; ALCÂNTARA; AFONSO, 2008, MOONEY, 2004, MARTEEL-PARRISH; NEWCITY, 2017). Por exemplo, Jardim (1998) considera que receber suporte dos altos gestores da instituição é o primeiro passo para iniciar a implementação de um programa de gestão de resíduos. O autor ainda apontou que essa primeira etapa é fundamental para motivar os próximos passos para alcançar a implementação da gestão dos resíduos. Em adição, o apoio da alta administração pode privilegiar ações coletivas de melhorias ambientais em todo o campus a médio e longo prazo (GENG *et al.*, 2013).

De forma geral, os resultados observados demonstram que a discussão no tocante ao apoio da alta administração foi citada de forma superficial, não especificando como os altos gestores podem facilitar a implementação de práticas ambientais. Contudo, o que foi possível compreender é que esse apoio tem um viés

mais de aprovação ou aceitação da instituição (LEITE; ALCÂNTARA; AFONSO, 2008, SMYTH; FREDEEN; BOOTH, 2010), suporte com investimentos financeiros (GILES, 2010, GENG *et al.*, 2013) e compromisso com o gerenciamento e tratamento de resíduos (IMBRIOSI *et al.*, 2006).

2.2.2.4.2 Disponibilidade de recursos financeiros

Os recursos financeiros foram citados em 14 artigos e se apresentaram com alta significância apenas para as práticas de gerenciamento de produtos químicos e design da infraestrutura. Nessa categoria, foram identificados três facilitadores: o desenvolvimento de projetos de baixo custo, o apoio do governo ou agências de fomento e a disponibilidade de orçamento da instituição.

Especialmente em instituições de ensino em que os recursos financeiros são limitados, a escolha de práticas não onerosas é uma estratégia importante (MCLEAN *et al.*, 2006). Foram encontradas como alternativas de baixo custo para o gerenciamento de produtos químicos as práticas de experimentos em mini escala (BENATTI; TAVARES; GUEDES, 2006) e programas de intercâmbio de produtos químicos entre os departamentos (MCLEAN *et al.*, 2006).

No tocante ao design da infraestrutura, os recursos financeiros são relevantes pela necessidade de altos investimentos para realizar mudanças no espaço físico ou para colocar em prática projetos de concepções. Sistemas de ventilação (KAPLOWITZ *et al.*, 2012), sistemas de resfriamento e aquecimento (WOOLLIAMS; LLOYD; SPENGLER, 2005, GENG *et al.*, 2013) de iluminação como telhados transparentes ou de vidros (WOOLLIAMS; LLOYD; SPENGLER, 2005) foram alguns dos exemplos observados.

Para as práticas de gerenciamento de resíduos, os recursos financeiros foram vistos como de média relevância. Esse fato pode ser explicado devido à maioria dos tratamentos dos resíduos ocorrerem internamente à instituição, por meio de ações químicas, como a neutralização e precipitação por exemplo, já que o tratamento externo possui um custo elevado (BENATTI; TAVARES; GUEDES, 2006, HOURI; WEHBE, 2003). Além disso, como respalda um dos princípios da química verde, a prevenção ou redução é mais vantajosa do que a geração, justamente por evitar despesas com o gerenciamento (MOONEY, 2004).

Do mesmo modo, para eficiência energética, os recursos financeiros foram

considerados de média relevância e se tornam importantes especialmente quando a universidade almeja o desenvolvimento de projetos relacionados à construção ou adaptação da estrutura física (GENG *et al.*, 2013). Quanto às conformidades legais, os recursos financeiros se apresentam importantes para obtenção de licenças e o controle dos produtos químicos exigidos por agências controladoras (SANTOS *et al.*, 2011).

O apoio do governo ou agências de fomento foi apontado por Geng *et al.* (2013) como necessários para o desenvolvimento de projetos ou aquisição de equipamento em laboratórios de universidades. Nessa linha, Tavares e Bendassoli (2005) destacaram como fator de sucesso para implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos da USP o investimento recebido por agências governamentais (FAPESP, PRONEX/FINEP, CNPq, USP, CENA/USP e LIE-CENA/USP). Isso facilitou ainda o tratamento de passivo ambiental acumulado pelos resíduos do laboratório. Woolliams, Lloyd e Spengler (2005) revelaram que uma parceria realizada entre a *Harvard University* e um programa intitulado Labs 21 da EPA resultou em melhorias de eficiência energética dos laboratórios com investimentos tecnológicos para reduzir o uso de energia como também técnicas de auditorias energéticas. Esse avanço só foi possível em virtude do financiamento dos estudos de engenharia e do apoio técnico da Agência.

Finalmente, os investimentos da própria instituição foram citados no tocante ao passo inicial para desenvolver ações de proteção ao meio ambiente. Leite, Alcântara e Afonso, (2008) frisaram que investir em capacitação dos responsáveis técnicos dos laboratórios resulta em melhorar sucessivamente a gestão devido suas técnicas e procedimentos passarem a ser vistos como parâmetros a todos os ingressantes no local. Tavares e Bendassoli (2005) concordam que esses investimentos proporcionados pela instituição resultam em melhoria do desempenho ambiental e financeiro a longo prazo, o que torna um facilitador vantajoso para academia.

De modo oposto, era esperado que os recursos financeiros fossem considerados de média ou alta relevância para a prática de conservação da água, contudo, apresentou-se de baixa significância. O que pode estar relacionado a esse resultado são as medidas adotadas para essa prática serem referentes aos equipamentos modernos, ou seja, foi mais importante ter a disponibilidade da tecnologia no mercado, do que o investimento em si da compra dos mesmos. Esse fato se sustenta pela tecnologia ter recebido média significância para essa prática.

2.2.2.4.3 Estratégia

Dos 35 artigos identificados na RSL, 13 apontaram as ações de estratégia como influenciadoras na implementação das práticas. Esse facilitador representou alta relevância especificamente para a prática da gestão e do planejamento. O estabelecimento de planos e metas (IMBRIOSI *et al.* 2006, MARTEEL-PARRISH; NEWCITY, 2017), dispor de uma cultura organizacional atuante (MOONEY, 2004, PEREIRA *et al.*, 2014) e o melhoramento contínuo dos procedimentos (HO; CHEN, 2018, AFONSO *et al.*, 2003) foram os facilitadores mais observados para essa categoria.

No tocante à cultura organizacional, seis pesquisas relacionaram com as práticas ambientais. Esse conceito aborda uma concepção de inserir voluntariamente projetos que visam o melhor desempenho ambiental da organização na tentativa de superar hábitos e condutas errôneas (PEREIRA *et al.*, 2014). Por exemplo, para introduzir práticas de prevenção de poluição dos resíduos perigosos em laboratórios de pesquisa, deve-se incluir uma cultura que conduza a difusão do conhecimento com treinamentos ou cursos que abordam essa temática (MCLEAN *et al.*, 2006). Implementar uma cultura de boa relação entre os departamentos facilita a centralização de programas de gestão de resíduos e produtos químicos, possibilitando a troca dos produtos em excesso entre os departamentos para evitar o desperdício e a contaminação do meio ambiente (MOONEY, 2004, MCLEAN *et al.*, 2006). Foi ainda constatado que a cultura organizacional oportuniza mudanças de procedimentos e técnicas tradicionais (MOONEY, 2004).

Quanto ao estabelecimento de planos e metas, esse facilitador foi referenciado por seis estudos (JARDIM, 1998, SMYTH; FREDEEN; BOOTH, 2010, WARGNIEZ; OLEAS; YAMAGUCHI, 2012, GENG *et al.*, 2013, MARTEEL-PARRISH; NEWCITY, 2017). Jardim (1998) e Wargniez, Oleas e Yamaguchi (2012) observaram que estabelecer metas e tentar cumpri-las se torna favorável ao sucesso de programas implementados. Outros exemplos citados referem-se à elaboração de manuais de laboratório (HOURI; WEHBE, 2003) e estipular metas de aprendizado dos alunos (WARGNIEZ, OLEAS; YAMAGUCHI, 2012).

O melhoramento contínuo foi apontado por cinco estudos. Esse facilitador compete ações que promovam a implementação de programas com o acompanhamento e as correções necessárias para obter o sucesso esperado (AFONSO

et al., 2003, GENG *et al.*, 2013, TAVARES; BENDASSOLLI, 2005). Jardim (1998) estabelece que verificar os resultados previstos dos programas de gestão implementados facilita a manutenção dos mesmos e promove a soma com as melhorias identificadas. Fagnani e Guimarães (2017) propuseram melhoria contínua para o gerenciamento de resíduos baseado em um processo de quatro etapas: planejar (*plan*), fazer (*do*), checar (*check*) e agir (*act*), mais conhecido como ciclo PDCA. As etapas incluíram primeiramente um diagnóstico da situação, seguida das definições de ações baseadas no diagnóstico, a implementação das ações, e por fim, a avaliação e feedback do programa (FAGNANI; GUIMARÃES, 2017).

2.2.2.4.4 Tecnologia

A tecnologia foi identificada em onze estudos e apresentou ser de alta relevância para conformidades legais. Esse resultado se sustenta tendo em vista que as práticas de conformidades legais estão associadas ao monitoramento dos produtos químicos e resíduos, assim a tecnologia torna-se importante para a elaboração de sistemas online para controle dos mesmos. Nesse sentido, foi observado o uso de sistemas na web que contribuíam para as práticas de gerenciamento de resíduos e produtos químicos (GIBBS, 2005, SANTOS *et al.*, 2011, MCLEAN *et al.*, 2006, GILES, 2010, FAGNANI; GUIMARÃES, 2017, TAVARES; BENDASSOLLI, 2005). Santos *et al.* (2011) destacou o uso de um sistema de informação para um inventário de resíduos químicos perigosos. Esse sistema facilitou a elaboração de relatórios que contam com a quantidade de resíduos gerados, o rastreamento das garrafas/bombonas contendo os resíduos identificados, assim como informações sobre o monitoramento do referido descarte.

Para as práticas de conservação da água e a eficiência energética, a tecnologia se mostrou de média relevância. Nesse caso, a substituição de equipamentos mais eficientes e econômicos em relação ao consumo de água era a prática comumente reportada na literatura (TAVARES; BENDASSOLLI, 2005, KILKIS, 2017). Quanto à eficiência energética, os equipamentos mais modernos com melhor desempenho operacional (LARA *et al.*, 2017, KAPLOWITZ *et al.*, 2012) e as placas fotovoltaicas para uso da energia solar (KILKIS, 2017, GENG *et al.*, 2013) foram as práticas mencionadas.

Ressalta-se, por fim, que embora os autores Woolliams, Lloyd e Spengler

(2005) tenham descritos que as práticas de implementação de sistemas de resfriamento e aquecimento são relacionadas à tecnologia, para este estudo, foi considerada como design da infraestrutura por compreender planejamentos dos espaços físicos.

2.2.2.4.5 Engajamento dos stakeholders

A colaboração das partes interessadas foi citada em sete pesquisas, contudo, não apresentou alta significância para nenhuma das práticas. Embora tenha ocorrido esse resultado, o engajamento dos *stakeholders* foi reconhecido como de média relevância para as práticas de conformidades legais, gestão e planejamento e para o design da infraestrutura. Os *stakeholders* mais citados foram o governo, seguido da sociedade e a indústria.

Wargniez, Oleas e Yamaguchi (2012) acreditam que o compromisso conjunto das partes interessadas da organização, estimula desenvolver ações preventivas para a instituição. Geng *et al.* (2013) a soma das opiniões retratadas por cada *stakeholders* ganha poder para tomada de decisão e, por conseguinte, aos programas ambientais a serem implementados.

Fagnani e Guimarães (2017) destacaram que associar a opinião da comunidade juntamente com a dos administradores possibilita identificar melhorias nos projetos implementados. Marteel-Parrish e Newcity (2017) acreditam que a colaboração entre os laboratórios e a indústria traz benefícios frente à carência dos conceitos relacionados à química verde e as práticas de educação ambiental. Os autores ainda citaram como possíveis medidas da implementação de conteúdos da química verde a inserção de políticas de inovação, disseminar as informações das demandas da indústria e o monitoramento das práticas adotadas.

Finalmente, a participação do governo foi relevante em decorrência dos investimentos proporcionados às universidades, especialmente relacionados às mudanças de designs de infraestruturas (WOOLLIAMS; LLOYD ; SPENGLER, 2005, GENG *et al.*, 2013). Vale lembrar que a disponibilidade de orçamentos foi discutida anteriormente¹ na seção do facilitador “Recursos financeiros” referente ao apoio governamental e agências de fomento.

¹ Ver seção 2.2.2.4.2, pág. 40.

2.2.2.5 Barreiras

De modo oposto, as barreiras são entraves que impedem a adoção das práticas ambientais. Para Salim *et al.* (2019) o entendimento desses fatores é fundamental para planejar alternativas que venham a solucionar ou diminuir os obstáculos que dificultam a implementação das práticas. No entanto, apenas 17 artigos abordaram os problemas que dificultaram a implementação de práticas ambientais em laboratórios químicos. A falta de conhecimento, a descentralização da gestão, a resistência à mudança, a falta de recursos financeiros e a rotatividade de pessoas foram as barreiras mais reportadas na literatura (Tabela 6).

Tabela 6 – Barreiras identificadas

Barreiras	Frequência de observação
Falta de conhecimento	8
Gestão descentralizada	5
Resistência à mudança	5
Falta de recursos financeiros	4
Rotatividade de pessoas	3

Fonte: Elaboração própria em 2019.

2.2.2.5.1 Falta de conhecimento

A falta de conhecimento foi uma barreira apontada em oito pesquisas (WOOLLIAMS; LLOYD; SPENGLER, 2005, MARTEEL-PARRISH; NEWCITY, 2017). Kaplowitz *et al.* (2012) consideram que a falta de conhecimento prejudica a prática de conservação de energia em laboratórios, em especial o conhecimento do real efeito causado ao meio ambiente pelo consumo de energia. Ademais, os autores ainda atribuíram que o fato do usuário não conhecer a correlação do seu consumo e os gastos correspondentes, prejudica a mudança de comportamento e a conscientização individual.

Silva e Machado (2008) perceberam que um dos grandes problemas do gerenciamento de produtos químicos das instituições de ensino e pesquisa do Brasil pode estar associado à falta de compreensão dos docentes acerca dos procedimentos experimentais, utilizando produtos menos tóxicos, assim como o entendimento detalhado sobre como gerir os remanescentes dos experimentos. Os autores identificaram que a maior problemática se refere à diferenciação de um reagente

vencido para um rejeito, como também nos riscos ambientais que podem causar, culminando em erros de tratamento e disposição final, sendo, portanto, descartados inadequadamente na rede coletora. Mooney (2004) também encontrou resultados similares interpretando que a ausência de conhecimento em leis e nas metodologias experimentais prejudica o descarte de resíduos perigosos por parte dos pesquisadores que utilizam os laboratórios.

Wargniez, Oleas e Yamaguchi (2012) perceberam em seus estudos que os usuários dos laboratórios apontaram que as principais dificuldades encontradas por eles eram decorrentes do conhecimento insuficiente no gerenciamento de produtos químicos, o que leva a comprometer as habilidades e manuseio correto dos produtos, bem como o domínio dos procedimentos da utilização dos produtos em técnicas de mini escala. Em adição, Afonso *et al.* (2003) acrescentam que não conhecer o tipo do resíduo agrava os processos de tratamento, além de gerar consequências onerosas para a instituição.

Diante do exposto, a falta de conhecimento dos usuários dos laboratórios parece estar mais relacionada ao gerenciamento dos resíduos e dos produtos químicos como também na mudança de comportamento que possibilita melhorar a utilização mais racional da energia em laboratórios.

2.2.2.5.2 *Gestão descentralizada*

A descentralização da gestão foi considerada um problema em cinco estudos. Mooney (2004) percebeu que a gestão descentralizada na estrutura organizacional não favorece programas ambientais em laboratórios, por demandar ações mais corretivas do que preventivas, exigindo mais tempo e recursos para obter conformidades com o descarte de produtos químicos. O autor ainda considerou que outro entrave decorrente de ter uma gestão descentralizada de resíduos compreende que departamentos não ligados ao do Meio Ambiente geralmente não possuem os mesmos cuidados com a questão ambiental, o que pode prejudicar a gestão da universidade como um todo.

McLean *et al.* (2006) acreditam que a descentralização do gerenciamento dos produtos químicos acomete a utilização de práticas como a transição de produtos entre os departamentos, como também informações em sistema de todos os produtos em estoque. Pereira *et al.* (2014) analisaram em seus estudos que um dos problemas mais frequentemente citados para práticas ambientais são as barreiras organizacionais e a

estrutura organizacional descentralizada. Os autores relataram que as questões burocráticas assim como as ações ambientais isoladas, mediante a extensão de uma universidade, afetam a gestão ambiental. Em complemento, os autores sugeriram a implementação de políticas integralizadas.

2.2.2.5.3 Resistência à mudança

A resistência à mudança foi abordada também cinco artigos. Fagnani e Guimarães (2017) demonstraram que a resistência às mudanças compromete a implementação de práticas, tendo em vista que a introdução do desconhecido causa receio e dificultam o cumprimento de metas estabelecidas.

Mooney (2004) apresentou a resistência à mudança no tocante aos procedimentos químicos tradicionais que transpassam décadas conseguirem atender às modificações regulamentares. O autor atribui que tal realidade está atrelada ao conceito de *status quo*, o qual se refere à relutância mediante ideias novas, como por exemplo, a Química Verde. Além disso, o autor sugere que para vencer esses desafios é preciso que a instituição dê suporte para implantar pesquisas em química verde, assim como estabelecer parcerias internas com outros departamentos e externas com outras instituições. Semelhantemente, Marteel-Parrish e Newcity (2017) entendem que um dos motivos que dificultam a inserção da química verde na grade curricular das universidades diz respeito ao hábito tradicionalista dos *stakeholders* internos (instituições de ensino) e externos (indústrias).

Pereira *et al.* (2014) expõem que a objeção individual às mudanças acaba por expandir pela instituição, resultando em uma cultura desfavorável ao conceito sustentável. Ho e Chen (2018) corroboram quando reconhecem que os entraves à ideia sustentável são correspondentes às tentativas de transformações de concepções já vigentes.

2.2.2.5.4 Falta de recursos financeiros

A falta de recursos financeiros foi citada em quatro pesquisas. Leite, Alcântara e Afonso (2008) concluíram da sua pesquisa que os alunos atribuem a ausência de recurso financeiro um dos principais problemas relacionados ao programa de gerenciamento de resíduos. Kaplowitz *et al.* (2012) apontaram a falta de recursos e

incentivos como um entrave para projetos de eficiência energética, em particular para a compra de equipamentos mais eficientes. De modo similar, Wargniez, Oleas e Yamaguchi (2012) retrataram que uma das dificuldades encontradas para promover experimentos mais seguros são prejudicados por problemas financeiros.

2.2.2.5.5 Rotatividade de pessoas

Três estudos apontaram a transição de pessoas nos laboratórios como uma barreira para implantação de práticas ambientais por laboratórios químicos. McLean *et al.* (2006) constataram que a particularidade de cada projeto científico faz uso de produtos químicos diferentes e, ao término, ocorre a saída dos pesquisadores e muitos desses produtos perdem a utilidade, contribuindo para aumentar a geração de resíduos perigosos. Nessa perspectiva, os autores sugerem que os programas de gerenciamento em laboratórios sejam expandidos a todos da instituição, não se restringindo a um grupo específico das pessoas que estão frequentando o laboratório naquele determinado período. Tavares e Bendassolli (2005) acreditam que além do ciclo dos projetos de pesquisa, a substituição frequente dos professores também são barreiras para dar continuidade a programas de gerenciamento de resíduos. Os autores indicam que o treinamento constante dos frequentadores dos laboratórios, associados ao monitoramento das atividades cotidianas, são ações que podem superar esse desafio.

2.3 FRAMEWORK CONCEITUAL

Esta seção apresenta um *framework* para implantação de práticas ambientais em laboratórios químicos (Figura 2). O *framework* compreende um modelo conceitual que possibilita sintetizar as informações descobertas da RSL (MILES *et al.*, 2014) podendo ser representado em forma esquemática para direcionar o crescimento organizacional e a tomada de decisão (MORIOKA; CARVALHO, 2016).

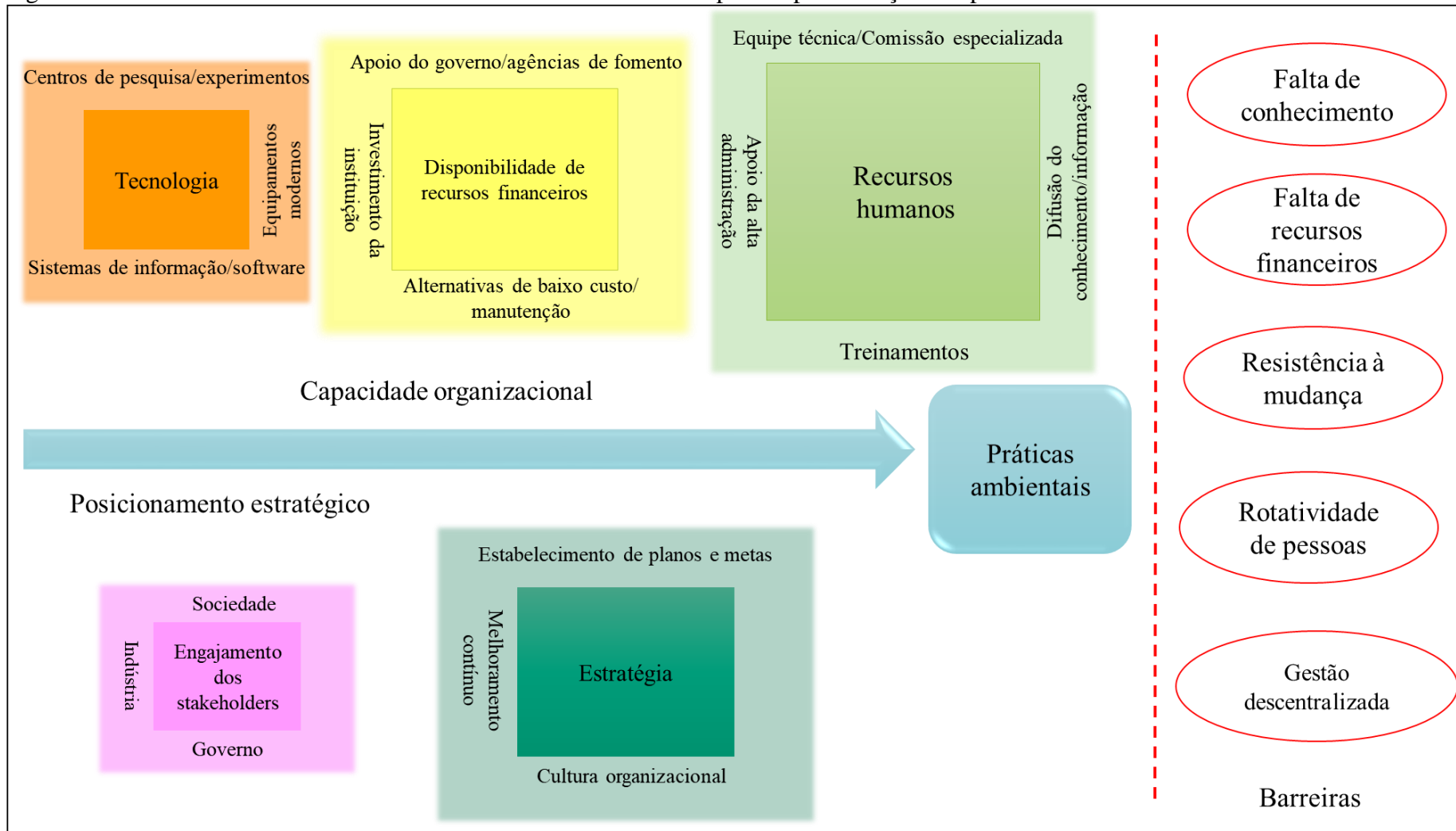
Para compor o modelo conceitual foram compiladas as informações obtidas do resultado da revisão sistemática de literatura que abordaram os fatores organizacionais (facilitadores e as barreiras), alinhadas à implementação das práticas ambientais. Esses fatores organizacionais consistem na capacidade organizacional e posicionamento estratégico.

A capacidade organizacional é referente ao potencial que uma organização

possui de conhecer e direcionar seus recursos para impulsionar mudanças e inovações (EISENHARDT; MARTIN, 2000). Logo, nessa dimensão, os facilitadores das categorias dos recursos financeiros, da tecnologia e relacionadas aos recursos humanos foram incluídos.

Já o posicionamento estratégico pode ser entendido como qualquer característica diferenciada que a organização assume frente às mudanças ambientais (BUTT; KUMAR; KUMAR, 2017) e se posiciona para a escolha das melhores estratégias a serem implementadas bem como superar as atividades críticas, como as barreiras (WOLF; FLOYD, 2017). Nessa perspectiva, os facilitadores da categoria estratégia e engajamento dos *stakeholders* compõe essa dimensão.

Figura 2 – Framework conceitual dos fatores facilitadores e barreiras para implementação das práticas ambientais



Fonte: Elaboração própria em 2019.

2.4 DISCUSSÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Este estudo teórico identificou práticas ambientais que podem ser implementadas em laboratórios químicos, não se restringindo ao gerenciamento de resíduos como já bem enfatizado na literatura, por exemplo, como os estudos de Imbriosi *et al.* (2006), Drummond (2006), Zach, (2000) e Ho e Chen (2018). Em complemento, foi possível perceber uma relação entre as práticas que compreendem os aspectos ambientais e as que compõem o controle e gestão ambiental pelo número de citações entre essas duas dimensões.

As práticas de educação ambiental foram mais significativas quando referentes à conservação da água e a eficiência energética. As regulamentações estão voltadas em sua maioria para realizar o controle mais efetivo do gerenciamento dos resíduos e dos produtos químicos. A gestão e o planejamento também foram diretamente relacionados com o gerenciamento dos resíduos e dos produtos químicos. E finalmente, o design da infraestrutura estão mais associados à eficiência energética.

A abordagem do gerenciamento de produtos químicos assim como os resíduos apresentou ações mais preventivas do que corretivas, indo ao encontro dos princípios da química verde (MOONEY, 2004). Uma estratégia que pode ser relevante é a centralização do gerenciamento dos resíduos por um laboratório especializado (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003). Além disso, a principal característica do gerenciamento de resíduos foi a prática do tratamento interno (HOURI; WEHBE, 2003, LUNA *et al.*, 2013), o que pode representar tentativas menos onerosas com o tratamento externo por empresa especializada. Quanto aos produtos químicos, a tendência mais comum observada é a utilização de experimentos em mini escala (WARGNIEZ; OLEAS; YAMAGUCHI, 2012), que por sua vez, reduz a quantidade de resíduos gerados.

Uma abordagem comum e bastante pertinente identificada foi a educação ambiental (KILKIS, 2017, SANTOS *et al.*, 2011) contemplando cursos, as palestras e as campanhas educativas (IMBRIOSI *et al.*, 2006, PEREIRA *et al.*, 2014). Quanto às práticas de gestão e planejamento, as principais parecem ser a elaboração de manuais de laboratórios (AFONSO *et al.*, 2003) que, além de incentivar pesquisas com alternativas de experimentos menos perigosos, difunde as informações e conhecimentos para os usuários (MARTEEL-PARRISH; NEWCITY, 2017). Relacionados às conformidades legais, ainda aparenta ser uma fragilidade em países em desenvolvimento (FAGNANI; GUIMARÃES, 2017), sendo dependentes, portanto, da região ao qual o laboratório está inserido bem como das leis impostas por cada país.

Dessa forma, esta pesquisa preencheu lacunas por analisar sistematicamente os fatores organizacionais influenciadores para a implementação das práticas ambientais em laboratórios químicos, antes não abordados com profundidade na literatura. Os fatores da dimensão atrelados à capacidade organizacional como os recursos financeiros, disponibilidade de orçamento e a tecnologia apresentaram ser as categoriais mais influenciadora, especialmente devido aos recursos humanos compreender alta significância para todas as práticas. Desse modo, as ações devem ser direcionadas para esse fator como ponto inicial para a implantação, especialmente com os treinamentos (LARA *et al.*, 2017), constituir equipes para o gerenciamento de resíduos e produtos químicos com especialistas (IMBRIOSI *et al.*, 2006, GIBBS, 2006), difundir o conhecimento (JARDIM, 1998) como também as informações que serão relevantes acerca da temática e, sobretudo, contar com o apoio institucional (LEITE; ALCÂNTARA; AFONSO, 2008). Em complemento, quando a instituição possui ou estimula uma cultura sustentável, abre caminhos para novas ações e projetos.

A disponibilidade de recursos financeiros configurou o segundo facilitador mais importante, apresentando alta significância especialmente para o gerenciamento de produtos químicos e design da infraestrutura. A literatura apresentou alternativas viáveis para as instituições onde os recursos são em parte limitados, como implementar ações de baixo custo (MOONEY, 2004) com experimentos em mini escala (WARGNIEZ; OLEAS; YAMAGUCHI, 2012) e programas de troca de produtos químicos entre os departamentos (GILES, 2010). Além disso, parcerias com o governo e agências de fomento proporcionam investimentos para o desenvolvimento de pesquisas, incluindo a aquisição de equipamentos (WOOLLIAMS; LLOYD; SPENGLER, 2005). Por fim, a disponibilização de recursos pela instituição favorece uma gama de possibilidades para investir em pesquisa e tecnologia, compra de insumos e materiais, capacitação e treinamentos, contratação de docentes e investimentos para construção e melhorias da estrutura física.

A tecnologia foi muito expressiva para as práticas de conformidades legais, as quais contemplam ações compulsórias para o gerenciamento de resíduos e produtos químicos. Dessarte, os sistemas de informação demonstraram ser o maior benefício associado à tecnologia (SANTOS *et al.*, 2011). Ainda, investir com tecnologia de ponta e equipamentos modernos nos centros de pesquisa (KILKIS, 2017, PEREIRA *et al.*, 2014) demonstraram ser as maiores contribuições da tecnologia para a implementação das práticas.

Quanto ao posicionamento estratégico, as ações representadas por uma forte cultura organizacional, estabelecimento de planos e metas e processos de melhoramento contínuos são as práticas em que as instituições devem direcionar atenção e planejamento. Fomentar

projetos e programas para melhorar o desempenho ambiental (PEREIRA *et al.*, 2014), estimular práticas de prevenção ambiental proporcionando a disseminação do conhecimento, como também treinamentos (MCLEAN *et al.*, 2006), a boa relação entre os departamentos para evitar desperdícios de produtos e materiais (MOONEY, 2004) foram as ações mais reportadas na literatura para melhorar a cultura organizacional. O melhoramento contínuo pode ser realizado pelo acompanhamento de programas ambientais e perceber o que pode ser corrigido ou melhorado visando a eficiência do programa (HO; CHEN, 2018). Estabelecer planos e metas para o aprendizado dos alunos assim como elaborar manuais de laboratório que agregam conhecimentos e técnicas para aperfeiçoar o ensino e aprendizagem se mostraram de grande valia (WARGNIEZ; OLEAS; YAMAGUCHI, 2012).

Este estudo desenvolveu um aporte teórico apontando as principais práticas e tendências na área, bem como elas podem ser utilizadas ou adaptadas às particularidades dos laboratórios. O valor científico agregado desta pesquisa é o direcionamento para implementação das práticas pelo modelo conceitual apresentado, o que representa um avanço por ser inovador no contexto dos laboratórios químicos. Esse modelo, além de trazer informações compiladas, direciona na tomada de decisão da alta administração e ainda amplia o leque de estudos nessa área por identificar e condensar em forma esquematizada os facilitadores e as barreiras que permeiam a implementação das práticas.

Ademais, atualiza informações teóricas quando complementa trabalhos relevantes encontrados na RSL. Relatou quais fatores facilitadores são essenciais para executar as ações propostas por Kaplowitz *et al.* (2012) acerca da eficiência energética. Amplia as práticas relatadas por Imbrosi *et al.* (2006) e Alberguini, Silva e Rezende (2003) que podem ser implementadas no gerenciamento dos resíduos. Contribuiu com outras possibilidades de práticas para auxiliar o gerenciamento de produtos químicos além das colaborações de um inventário e sistemas de informação como mostraram Gibbs (2006), Santos *et al.* (2011) e McLean *et al.* (2006). Estendeu a pesquisa de Lara *et al.* (2017) quando apontou as barreiras a serem vencidas para um gerenciamento de resíduos perigosos mais efetivo, direcionando pontos fortes para a gestão. Aponta as principais barreiras e os facilitadores que estão envolvidos nas práticas relativas à estrutura física dos laboratórios e ainda contribui com novas práticas que não foram citadas por Woolliams, Lloyd, Spengler (2005).

2.5 SÍNTESE DA SEÇÃO

O objetivo da RSL foi analisar a implementação das práticas ambientais em laboratórios químicos. Desse modo, a revisão sistemática de literatura atendeu a esse propósito por possibilitar, com base na análise de conteúdo dos artigos encontrados, abordagens descritivas e temáticas acerca das práticas implementadas.

A análise descritiva apontou que os estudos nesse campo são recentes e os países que mais contribuem com pesquisas são Brasil e EUA. A dimensão foi exclusivamente com estudos realizados em instituições de ensino, expressivamente pelos departamentos de Química. Os estudos escolheram para publicação especialmente o periódico nacional Química Nova e no cenário internacional o *Journal of Chemical Health and Safety*. No tocante à metodologia, os artigos possuem uma base mais empírica, por meio de estudos de caso.

A análise temática, por sua vez, identificou 48 práticas implementadas em laboratórios químicos categorizadas em oito grupos de práticas (gerenciamento de resíduos, gerenciamento de produtos químicos, educação ambiental, eficiência energética, conservação da água, gestão e planejamento, conformidades legais e design da infraestrutura). Foi constatado uma maior ênfase no gerenciamento de resíduos.

Além disso, cinco categorias de fatores que facilitam a implementação das práticas foram identificadas, destacando como cada uma é influenciadora para as práticas. Para todas as práticas, os recursos humanos foram preponderantes aos demais, o que resulta no fator chave a ser explorado quando se pretende implementar práticas ambientais. Ademais, reconheceu cinco barreiras que dificultam a implementação, sendo a falta de conhecimento a mais citada. Relacionado aos motivadores, foram voltados principalmente às iniciativas miméticas como a temática sendo pauta das frequentes discussões e pela vertente normativa como as regulamentações, legislação e a fiscalização.

Com base no quadro conceitual elaborado, duas dimensões organizacionais foram determinantes para implementar as práticas, são elas: a capacidade organizacional, que incluem os recursos humanos, os recursos financeiros e a tecnologia; e o posicionamento estratégico, que envolvem a estratégia e o engajamento dos *stakeholders*. Por outro lado, para superar os pontos mais críticos como as barreiras, o direcionamento deverá ocorrer por meio das capacidades organizacionais.

O modelo conceitual possibilitou sintetizar as informações descobertas da RSL alinhadas à implementação das práticas ambientais. Os fatores organizacionais achados representam a direção para conduzir mudanças na organização e consistem na capacidade

organizacional e o posicionamento estratégico. A capacidade organizacional foi constituída pelos os recursos humanos, disponibilidade de recursos financeiros e a tecnologia. Os recursos humanos sendo representados pelos treinamentos, equipe técnica/comissão especializada, difusão do conhecimento e o apoio da alta administração. A disponibilidade de recursos financeiros com alternativas de baixo custo/manutenção, investimento da instituição e apoio do governo e agências de fomento. Por fim, a tecnologia apresentando os sistemas de informação/software, centros de pesquisa/experimentos e equipamentos modernos.

Por sua vez, o posicionamento estratégico foi representado pela categoria estratégia (estabelecimento de planos e metas, ações de melhoramento contínuo e a inserção da cultura organizacional) e o engajamento dos *stakeholders* (governo, sociedade e indústria) como meio para superar os entraves e planejar estratégias.

3 ESTUDO EMPÍRICO

Esta seção descreve o desenvolvimento da pesquisa empírica, a qual foi embasada na revisão sistemática de literatura sobre práticas ambientais implementadas por laboratórios químicos. Esta pesquisa é associada a uma abordagem qualitativa por meio de estudos de caso que permitiu identificar e analisar como as práticas ambientais vêm sendo implementadas e comparar com os resultados da revisão sistemática de literatura.

3.1 METODOLOGIA

A metodologia se inicia com a justificativa da escolha da abordagem qualitativa. Depois, o desenho da pesquisa empírica apresentará as etapas seguidas para realização dos estudos de caso, contemplando as fases da coleta e da análise de dados. Por fim, a fase da validação dos relatórios dos estudos de casos é relatada.

3.1.1 Abordagem qualitativa

A escolha da abordagem qualitativa está embasada por apresentar características adaptativas e indutivas, possibilitando ao pesquisador construir suas conclusões particulares de cada caso, se distanciando de padrões gerais (BARDIN, 2011). Ou seja, é um tipo de abordagem em que se busca restringir a dimensão de um amplo conjunto a ser estudado para detalhar e descrever singularmente o contexto ao qual faz parte o objeto de estudo (CARDANO, 2017). Ademais, permite uma visão holística do contexto em estudo em virtude do contato com os participantes (MILES et al., 2014) e captar as perspectivas de acordo com a visão deles (YIN, 2016).

Nesse sentido, Yin (2016) aponta três pontos para conferir robustez e confiabilidade na pesquisa qualitativa. Primeiro, os procedimentos precisam ser transparentes de maneira que possibilite a interpretação e compreensão de outras pessoas. Segundo, seguir sistematicamente a sequência dos procedimentos a serem adotados na coleta de dados. E por fim, é que a pesquisa qualitativa deve ser fundamentada em evidências fidedignas como a de utilizar linguagem falante para representar a realidade. Para atender essas recomendações, esta pesquisa escolheu como método o estudo de caso, o qual será discutido na próxima seção.

3.2 ESTUDO DE CASO

Buscando responder empiricamente as questões-problema de forma mais compreensível (Quais práticas ambientais implementadas por laboratórios químicos? Como foram implementadas as práticas identificadas na literatura?), esta pesquisa adotou como método de coleta de dados o estudo de caso. Esse método está dentro da abordagem qualitativa e é caracterizado pela investigação aprofundada do objeto como forma de revelar informações específicas, descrevendo a situação atual do contexto a ser estudado (GIL, 2008).

O estudo de caso é uma das estratégias mais empregadas em pesquisas organizacionais considerando-se que o pesquisador não interfere nos eventos a serem estudados, procurando interpretar os problemas existentes (SENGER; PAÇO-CUNHA; SENGHER, 2004). De fato, a maioria dos estudos relacionando práticas ambientais em laboratórios químicos utilizaram como metodologia o estudo de caso (LARA *et al.*, 2017, MOONEY, 2004, ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003).

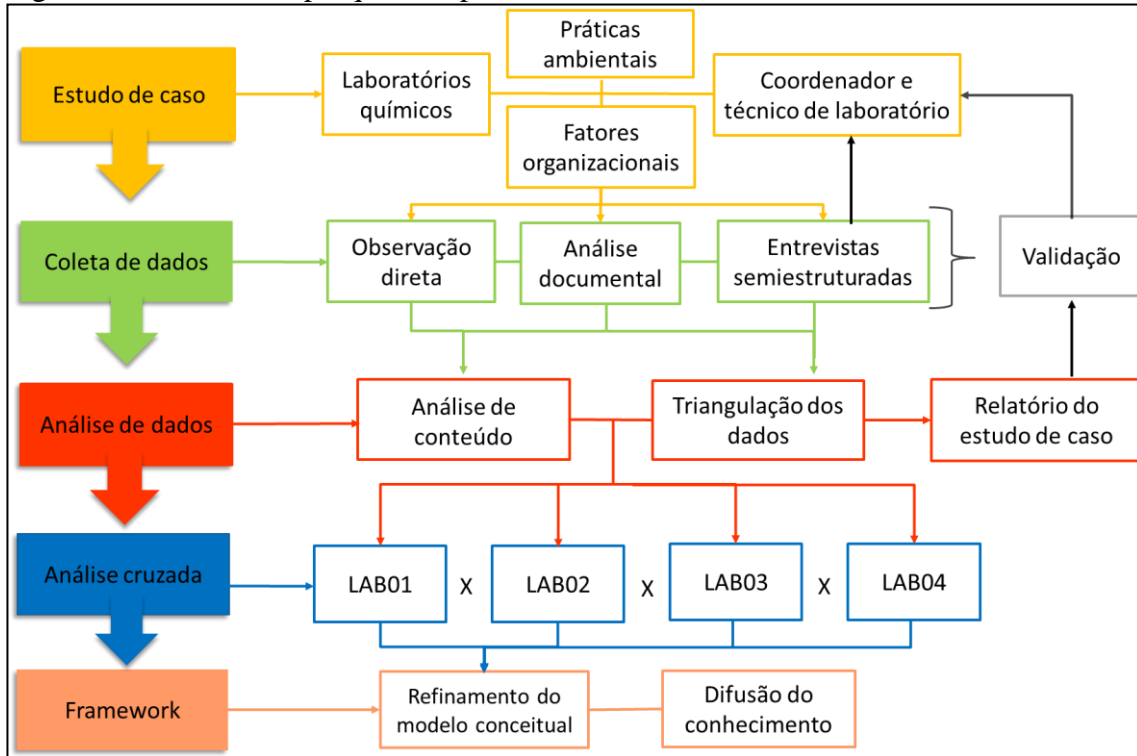
Yin (2015) é um dos autores mais conhecidos e citado sobre o método estudo de caso. Essa pesquisa, então, seguiu o passo-a-passo apontado pelo autor para o desenvolvimento da pesquisa, contemplando as etapas desde o planejamento, preparação para coleta, coleta de dados, análise de dados e, por fim, o relatório do estudo.

O estudo de caso possibilita ainda incorporar múltiplas fontes de evidência complementares à coleta e análise de dados, aumentando a qualidade da pesquisa por fortalecer os dados coletados bem como permite a triangulação dos mesmos (EISENHARDT, 1989; YIN, 2015). De fato, incluir na pesquisa fontes de evidência ao estudo de caso com análise documental, observação direta e/ou entrevistas é comumente observado na literatura, como os estudos de Pereira *et al.*, 2014, Kaplowitz *et al.*, 2012 e Geng *et al.*, 2013. A título de exemplo, Smyth, Fredeen e Booth (2010) ao desenvolverem um estudo de caracterização dos resíduos na *Prince George da University of Northern British Columbia* (UNBC) e analisaram documentos como política, procedimentos internos, regulamentos e diretrizes previstas pelo governo. Os autores também fizeram uso de entrevistas semiestruturadas com os responsáveis pela gestão dos resíduos da universidade, o que configura uma fonte primária valiosa em estudos de caso.

3.3 DESENHO DA PESQUISA EMPÍRICA

Esta seção está relacionada à coleta e análise de dados. Com base em Yin (2015) foi delineado o desenho empírico da pesquisa (Figura 3), abordando as etapas do planejamento, coleta e análise de dados, a triangulação dos dados e a validação do construto.

Figura 3 – Desenho da pesquisa empírica



Fonte: Adaptada de Yin (2015).

3.3.1 Planejamento

Quatro critérios podem ser seguidos no estudo de caso para elevar a qualidade da pesquisa (YIN, 2015). Assim, os seguintes critérios foram utilizados no planejamento para o estudo de caso conforme mostra o Quadro 3 abaixo.

Quadro 3 – Critérios de qualidade para estudo de caso

Critério	Características
Validade do construto	Identificar medidas operacionais corretas para os conceitos em estudo
	Usar várias fontes de evidência
	Estabelecer cadeia de evidências
	Pedir aos informantes-chave que revisem o relatório preliminar do estudo de caso
Validade interna	Fazer correspondência de padrões
	Realizar o desenvolvimento da explicação
	Resolver as explicações rivais
	Usar o modelo lógico
Validade externa	Definir o domínio para o qual as descobertas de um estudo podem ser generalizadas
	Usar a lógica de replicação em estudos de casos múltiplos
Confiabilidade	Utilizar o protocolo do estudo de caso
	Desenvolver banco de dados de estudo de caso

Fonte: Adaptada de Yin (2015).

Esta etapa do desenho empírico contemplou três elementos: questões de pesquisa, a unidade de análise e a amostragem.

3.3.1.1 Questões de pesquisa

Determinar as questões de pesquisa são a primeira etapa para dar continuidade aos estudos de caso (EISENHARDT, 1989, YIN, 2015), tendo em vista que devem ser elaboradas visando à procura por respostas relevantes para o estudo (CARDANO, 2017).

Desse modo, buscando analisar o contexto da implementação das práticas ambientais em laboratórios químicos, este estudo se norteia pelos seguintes questionamentos: quais práticas ambientais implementadas por laboratórios químicos? (Q1) como foram implementadas as práticas ambientais? (Q2). A questão dois ainda se desdobra em outras três perguntas: Quais fatores facilitadores para a implementação das práticas? Quais fatores motivadores para a implementação das práticas? E por fim, quais barreiras para a implementação das práticas?

Nesse sentido, a etapa do estudo empírico foi baseada para analisar os temas mais relevantes identificados na literatura e alinhar com as questões de pesquisa.

3.3.1.2 Unidade de análise

Outro componente importante da pesquisa é definir e delimitar o fenômeno a ser estudado (YIN, 2015). Assim, a unidade de análise adotada neste estudo consiste na implementação de práticas ambientais por laboratórios químicos.

3.3.1.3 Amostragem

Nessa perspectiva, os locais objeto de estudos compreenderam laboratórios de análises químicas em água e efluentes da cidade de Natal-RN. Como o objetivo do estudo é propor um *framework* para implementação de práticas ambientais em laboratórios químicos, o critério de seleção compreendeu laboratórios químicos que possuíam ações implementadas relativas à gestão ambiental. Logo, tal critério evita viés e que a pesquisa se torne tendenciosa.

Os laboratórios foram delimitados em três (3) categorias, a saber: laboratórios de ensino, pesquisa e serviço, de controle de qualidade interno dos serviços prestados e laboratório de prestação de serviços externos em análises. Essa delimitação possibilita comparar as evidências particulares de cada caso, construir a teoria baseada na realidade de cada segmento em decorrência da finalidade do laboratório e as diferenças que envolvem o contexto como instituição pública ou privada.

Yin (2015) preconiza ainda a necessidade de estabelecer preceitos relevantes que ocasionem na restrição da quantidade de casos a serem estudados. Similarmente, Eisenhardt (1989) propõe que os estudos sejam realizados entre 4 e 10 casos, a qual é considerada uma quantidade expressiva. O autor entende que quantidade inferior seria improvável produzir resultados convincentes e, acima, devido à quantidade elevada de informações obtidas, a análise dos dados seriam prejudicados.

Um total de oito (8) laboratórios aceitaram participar da pesquisa. Contudo, um dos laboratórios não autorizou acesso direto aos compartimentos do local, o que prejudicou a observação direta e análise documental, gerando dados insuficientes e, portanto, foi excluído da amostragem final. Outro laboratório estava inserido em uma indústria de médio porte, o que impossibilitou distinguir as práticas ambientais que eram específicas apenas para o laboratório. Dessa forma, foi também excluído para não comprometer a confiabilidade dos dados. Um terceiro laboratório aceitou participar da pesquisa, entretanto, após o envio a pedido da organização do protocolo da entrevista, o mesmo não obteve mais contato com o pesquisador, logo inviabilizou a realização da visita. E por fim, um quarto laboratório

precisou ser retirado da amostragem em virtude das práticas implementadas não serem compatíveis com o critério de seleção.

Nessa perspectiva, foram definidos para compor os estudos de caso quatro laboratórios sendo esses: dois laboratórios públicos de ensino, pesquisa e serviço, um público de controle de qualidade interno dos serviços prestados e um laboratório privado de prestação de serviços externos em análises. Assim, os quatro estudos de casos forneceram dados suficientes para interpretar as evidências empíricas e atender aos objetivos da pesquisa (MILES *et al.*, 2014).

3.3.2 Coleta de dados

Os estudos de caso foram realizados individualmente buscando identificar informações empíricas. De forma a aumentar a qualidade da pesquisa, múltiplas fontes de evidências foram adotadas para a etapa de coleta de dados, sendo elas: entrevistas, análise documental e observação (YIN, 2015), as quais serão discutidas a seguir.

3.3.2.1 Entrevista

As entrevistas são umas das evidências mais relevantes de fonte primária do estudo de caso (YIN, 2015). O seu foco não consiste em registros de dados de forma sistemática, mas sim de interpretar as informações concomitantemente à realização da pesquisa, considerando-se que podem surgir *insights* ou suposições, necessitando de outros questionamentos ou dados complementares (YIN, 2015). Assim, foram constituídas com perguntas conversacionais e imparciais, como também deixando abertura para perguntas oportunistas durante a realização (YIN, 2015).

As entrevistas ocorreram de forma semiestruturada em que o entrevistador teve liberdade para desenvolver as questões visando obter informações e respostas importantes sobre a temática das práticas ambientais por laboratórios químicos (GODOI; BANDEIRA-MELLO; SILVA, 2010). Dessa maneira, buscou-se conduzir com o mesmo padrão de comportamento e conduta todas as entrevistas para cada entrevistado, diferindo apenas a condução das questões de acordo com cada cenário visitado (YIN, 2016).

Destaca-se que o protocolo de entrevista (Apêndice B) compreenderam questões baseadas na revisão sistemática de literatura. Para tanto, foram elaboradas para auxiliar diretamente o pesquisador, tendo em vista a necessidade de informações coerentes para permanecer no foco da investigação (YIN, 2015).

Além disso, as questões foram direcionadas para dois entrevistados específicos que participam diariamente das atividades do laboratório, a saber: o responsável técnico do local e um técnico laboratorista encarregado das análises. A seleção dos entrevistados baseou-se nas fundamentações de Pagell e Wu (2009) compreendendo uma pessoa do nível estratégico (coordenador/diretor/responsável técnico) e uma a nível operacional (técnico de laboratório) que fosse envolvido ou responsável pela gestão ambiental no local. Sendo assim, um total de 8 entrevistas foram conduzidas para coletar os dados primários. As entrevistas foram gravadas com a permissão dos entrevistados (YIN, 2016), tiveram duração média de 30 minutos e ocorreram entre os meses de janeiro a março de 2019. Depois as entrevistas foram transcritas para posterior análise.

3.3.2.2 Análise documental

Conforme Yin (2015), a utilização de análise documental em estudos de caso contribui de forma relevante por fornecer dados secundários que fortificam fontes primárias de evidência. O autor ainda destaca que as presunções adquiridas com a análise documental fornecem indícios para uma investigação mais detalhada, especialmente quando comparado às informações incoerentes relatadas da entrevista.

As informações documentais foram analisadas por meio de um *check-list* e compreenderam registros organizacionais como alvará de funcionamento e manual da qualidade, documentos atuais relevantes à questão ambiental e também os que a organização pretendia implantar futuramente.

3.3.2.3 Observação direta

Partindo da premissa que o estudo de caso visa compreender um contexto real, a observação de forma direta torna-se um apropriado dado secundário para adicionar à outras fontes de evidência desta pesquisa (YIN, 2015). A observação em pesquisa qualitativa consiste na exploração e na descrição do ambiente em conjunto com suas atividades, auxiliando na compreensão dos processos e identificando problemas em que estão inseridos o objeto de estudo (GODOI; BANDEIRA-MELLO; SILVA, 2010, YIN, 2015). Por conseguinte, possibilita uma visão geral da cultura ambiental da organização (YIN, 2015).

As observações transcorreram de forma direta e, ao final de cada evento, foi elaborado um registro diário contendo o ponto de vista do pesquisador, reflexões, dúvidas surgidas,

conclusões preliminares ou hipóteses iniciais (GODOI; BANDEIRA-MELLO; SILVA, 2010). Partindo dessa ideia, é importante observar para substanciar pontos relevantes para esta pesquisa: o acesso fácil aos documentos internos, o uso de equipamentos que reduzam o consumo de energia ou de água, utilização de etiquetas padronizadas constando a data de validade de produtos e reagentes, o próprio processo de análise das amostras assim como o descarte dos resíduos, além do uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC).

A transcrição das entrevistas, anotações de observação de campo e análise documental foram os resultados obtidos para compor a fase de análise de dados e para o relatório de pesquisa (YIN, 2015; GODOI; BANDEIRA-MELLO; SILVA, 2010).

3.3.3 Análise de dados

O primeiro passo para iniciar a análise compreendeu a compilação dos dados de forma organizada. Nesse sentido, a organização dos dados possibilita explorar com mais consistência as informações coletadas resultando em uma abordagem qualitativa mais profunda (YIN, 2016).

Processos de categorização, tabulação, evidências recombinações de informações e a informatização foram utilizados para auxiliar e compilar os dados coletados das entrevistas, análise documental e observação (BARDIN, 2011, YIN, 2015, MILES *et al.*, 2014). Por exemplo, as entrevistas foram transcritas com significados válidos (“falantes”) e discursos semelhantes analisados de acordo com a análise de conteúdo. Por fim, a triangulação das três fontes de evidências foi usada para sustentar a qualidade pesquisa (YIN, 2016).

Os dados foram analisados através de um processo de triangulação, o qual permitiu a combinação de variados métodos com a finalidade de incorporar o maior leque de dados para compreender de forma detalhada o contexto que envolve o objeto de estudo (GODOI; BANDEIRA-MELLO; SILVA, 2010). As conclusões resultantes das três fontes de evidência se tornam mais convincentes (YIN, 2015).

Finalmente, uma análise cruzada dos quatro casos foi realizada, buscando encontrar padrões (YIN, 2016) e comparando os resultados adquiridos em cada caso relacionando os fatores organizacionais identificados entre eles e as práticas ambientais identificadas. Esses resultados são então sustentados pela revisão sistemática que, do mesmo modo, identificou os fatores e as práticas ambientais encontrados na literatura.

3.3.4 Validação

Após a realização dos estudos de caso, foi elaborado o relatório individual de cada estudo conduzido, compondo das principais conclusões analisadas relacionados às práticas ambientais em laboratórios. Os relatórios foram enviados para as empresas como forma de consolidar a validação do estudo, confirmando a análise dos resultados como também possibilitar sugestões de melhoria da análise com explicações mais detalhadas.

Para uma maior confiabilidade dos resultados, os coordenadores e os técnicos de laboratórios, considerados os participantes-chave (BARDIN, 2011, YIN, 2015) por participarem das entrevistas foram convidados a responder as seguintes questões de validação: (1ª) em que medida você concorda com o relatório/conclusões? (2ª) há alguma coisa significativa que o relatório/conclusões traz que você não pensou antes? (3ª) há alguma coisa significativa que você acredita não ter sido contemplada no relatório?

4 RESULTADOS

Esta seção apresenta a análise dos quatro casos estudados nos laboratórios químicos. Os resultados são apresentados individualmente conforme descrito no desenho empírico no item anterior. Logo, a presente seção responde às questões de pesquisa: (Q1) quais práticas ambientais implementadas por laboratórios químicos? E (Q2) como foram implementadas as práticas ambientais em laboratórios químicos?

4.1 ESTUDO DE CASO 1 – “LAB01”

Esta seção irá apresentar brevemente a caracterização da organização, seguida de uma discussão das práticas ambientais identificadas, assim como do contexto que envolve a implementação observados no Estudo de caso 1.

4.1.1 Breve caracterização da organização

O “LAB01” está inserido em uma instituição pública de ensino, pesquisa e extensão. Apresenta-se também como empresa do ramo de prestação de serviços, oferecendo serviços de análises físicas, químicas e microbiológicas de água e efluentes. Tem demanda anual estimada entre 5 mil a 6 mil amostras, com aproximadamente 700 a 800 clientes entre fixos ou esporádicos. O laboratório conta ainda com um espaço de 84m² (oitenta e quatro) divididos em laboratório de análises físico-químicas, secretaria, sala de gases e sala de armazenamento de resíduos perigosos. O grupo operacional é constituído por 15 pessoas, incluindo 1 coordenador, 5 técnicos de laboratório contratados e 9 estagiários.

4.1.2 Práticas ambientais identificadas

Foram identificadas 15 práticas ambientais implementadas no laboratório, divididas em cinco categoriais, a saber: gerenciamento de resíduos, gerenciamento de produtos químicos, educação ambiental, gestão e planejamento da organização e a conservação da água (Quadro 4).

Quadro 4 – Categorias e práticas ambientais identificadas no LAB01

Categorias	Práticas
Gerenciamento de resíduos	- Segregação/ caracterização/coleta seletiva dos resíduos sólidos (P09); - Minimização dos resíduos (P10).
	- Acondicionamento e armazenamento dos resíduos sólidos e líquidos perigosos (P13); - Caderno de controle dos rejeitos líquidos perigosos (P20); - Tratamento externo dos rejeitos perigosos por empresa especializada (P11).
Educação ambiental	- Reuniões periódicas (P06); - Cartazes afixados nas paredes (P05).
Gerenciamento de produtos/reagentes químicos	- Etiquetas de identificação (P23); - Inventários dos produtos e reagentes químicos (P22); - Sistema de controle eletrônico do uso de produtos (P25); - Reutilização dos produtos (P24);
	- Planejamento para compras de produtos (P28).
	- Experimentos em mini escala (P21).
Conservação da água	- Substituição de equipamentos de economia de água (P44).
Gestão e planejamento da organização	- Calibração anual dos equipamentos (P55).

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Quanto ao gerenciamento de resíduos, após os procedimentos de análise, os resíduos são segregados e caracterizados (P09) para nortear o tipo de descarte. Para os resíduos sólidos, há a separação dos materiais de plásticos e vidros que são acondicionados em lixeiras próprias os quais são diariamente recolhidos e levados ao setor de reciclagem da instituição. Para os rejeitos líquidos, são acondicionados em bombonas de 10 litros, identificadas por grupo de compatibilidade química criada pela equipe de colaboradores (Fotografia 1). Ao completar cada bombona de 10 litros, é anotado em um Caderno de Controle dos Rejeitos Perigosos (P20) o volume, o código de identificação da bombona e o responsável pelo acondicionamento. Após preencher o volume máximo permitido, as bombonas de 10 litros são

levadas até a sala dos rejeitos, localizada externamente ao prédio, onde são armazenadas (P13) em bombonas de 200 litros cedidas pela empresa especializada. Por fim, a empresa é solicitada para fazer o recolhimento dos rejeitos e é realizado o procedimento de tratamento externo (P11) com a incineração. A etapa final do gerenciamento ocorre com o envio de um certificado pela empresa responsável constando o volume coletado bem como a data da destinação final.

Fotografia 1 – Bombonas para acondicionamento dos rejeitos e o Caderno de Controle



Fonte: Elaboração própria em 2019.

No tocante à prática de educação ambiental, a mesma ocorre ainda de forma incipiente com cartazes educacionais afixados nas paredes (P05) do laboratório e sensibilizações nas reuniões (P06) com as equipes e alunos. Os cartazes estimulam a conscientização dos alunos especialmente relacionado ao uso consciente da água e energia. O gerenciamento dos resíduos gerados é foco principal das reuniões com a equipe, coordenadores, monitores e alunos. A coordenação retratou ter ciência dos impactos causados e faz uso de conceitos e ideias de educação ambiental como uma das possibilidades de melhorar a situação, como reportou o coordenador do laboratório:

“Nós temos noção dos impactos ambientais que causamos e temos tentando ao longo do tempo diminuir com o gerenciamento de resíduos, educar para utilizar menos descartáveis e reutilizar quando possível” (Coordenador de

laboratório).

Relacionado ao gerenciamento dos produtos e reagentes químicos, o laboratório identifica (P23) todos os frascos dos produtos e reagentes que são comprados ou preparados no local. Os que se encontram em uso ficam armazenados em armários próprios no laboratório, o restante fica guardado no estoque, o qual é localizado em uma sala exclusiva para essa finalidade, chamada de Sala dos Reagentes, refrigerada, e possui todas as prateleiras identificadas e os produtos são separados por grupo de compatibilidade.

O laboratório também faz uso de um inventário em planilhas eletrônicas (P22) com todos os produtos e reagentes disponíveis. Essa prática contribui para manter o controle de todo volume utilizado e ainda disponível em estoque, além de auxiliar no planejamento das compras (P28) de novos produtos, evitando desperdícios e compras em excesso.

O laboratório ainda faz a reutilização dos produtos (P24) vencidos em aulas. Destaca-se que essa reutilização não compromete a qualidade da aula, tendo em vista que os produtos ainda estão utilizáveis. A coordenação alegou que os mesmos são retirados dos laboratórios de prestação de serviço por controle de qualidade dos resultados das análises. Isso contribui ainda para redução do volume de compra (aproximadamente em 50%), para evitar o desperdício e, por conseguinte, minimizar os resíduos gerados (P10). Além disso, utiliza também como prática de gerenciamento experimentos em mini escala (P21), que consistem em utilizar uma quantidade limite do volume do reagente sem comprometer o processo de análise bem como a confiabilidade dos resultados. Como principais resultados apontados com a adoção dessas práticas, o controle mais efetivo dos produtos ganhou destaque:

“Os principais resultados alcançados foram: ter um maior controle de compra de materiais, controle de consumo, de desperdício, de descarte... o controle que é um dos objetivos da gestão. E quando você controla, até economiza [...]. O maior controle é referente ao desperdício de produtos vencidos. Porque antigamente o que acontecia: comprava sem ter uma noção do que tinha em estoque, saía só comprando porque não sabia como era o amanhã. Então, a partir do momento que a gente tem um estoque, uma sala e a gente tem um controle, a gente vai comprando mediante o que vai precisando. Então o que antes era uma sala duas vezes maior do que a que temos hoje, lotada de reagentes, misturados reagentes vencidos e em uso, hoje nós temos uma sala menor com a quantidade de reagentes que somente nós usamos. Em média nós reduzimos em 50% a compra de reagentes e em torno de 300kg a 400kg de reagentes desperdiçados foram recolhidos na primeira coleta pela empresa. Muitos reagentes estavam fechados ainda”.
(Coordenador de laboratório).

Como prática de conservação da água, o laboratório fez a substituição do equipamento (P44) destilador pelo purificador. Esse equipamento utiliza o mesmo volume de água para

produzir água pura, diferentemente dos destiladores que em média consomem 15 L para produzir 1L (TAVARES; BENDASSOLLI, 2005), além de produzir uma água mais pura e de qualidade.

A prática de gestão e planejamento da organização compreende a calibração anual dos equipamentos (P55) do laboratório. De acordo com o técnico de laboratório do local, essa prática contribui para melhorar a qualidade dos resultados, além da redução no consumo de água e da geração dos resíduos por não precisar repetir análises, uma vez que os equipamentos estão calibrados e gera resultados mais confiáveis.

4.1.3 Contexto da implementação

Esta seção discute o contexto da implementação que inclui os fatores facilitadores, as barreiras e os fatores motivadores para implementação das práticas ambientais identificadas.

4.1.3.1 Fatores facilitadores

Foram identificadas três categorias de fatores influenciadores na implementação das práticas, a saber: recursos humanos, recursos financeiros e o engajamento dos *stakeholders* (Quadro 5).

Para a prática de gerenciamento de resíduos, os recursos humanos foram considerados facilitadores especialmente quando relacionados à colaboração da equipe de funcionários (F13) do laboratório em cumprir as regras estabelecidas. Por exemplo, procedimentos como identificar os resíduos, acondicionar nas bombonas correspondentes ao seu grupo ou, quando resíduo sólido, descartar na lixeira específica. Em complemento, o conhecimento (F07) das pessoas em executar corretamente foi atribuída como melhor caminho para conduzir as práticas:

“[...] os próprios funcionários, que mesmo com algumas falhas a gente consegue ainda fazer. Esse é o principal facilitador, porque você pode até ter o recurso financeiro, mas se você não tiver pessoas aptas a fazer isso, você não consegue. Diferentemente de quando você tem pessoas que estão dispostas a fazer isso, mesmo sem recurso você consegue a diminuição de tempo de uso de equipamento, a otimização do processo, coisas que não necessariamente precisariam de dinheiro, mas sim da consciência do operador” (Técnico de laboratório).

Quadro 5 – Fatores facilitadores identificados no LAB01

Categorias	Práticas	Facilitadores
Gerenciamento de resíduos	- Segregação/coleta seletiva dos resíduos sólidos; - Minimização dos resíduos.	- Recursos humanos: Conhecimento da equipe do laboratório e coordenadores (F07).
	- Identificação, acondicionamento, e armazenamento dos resíduos sólidos e líquidos perigosos; - Caderno de controle dos rejeitos perigosos.	- Recursos humanos: 1. Equipe do laboratório e coordenadores (F13); 2. Equipe de gestão (F05).
	- Tratamento externo dos rejeitos perigosos por empresa especializada.	- Recursos financeiros: Disponibilidade de recursos financeiros (F16). - Engajamento de stakeholders: Empresa especializada no mercado local (F26). - Recursos humanos: Apoio da alta administração (F06).
Educação ambiental	- Discussão em reuniões; - Cartazes afixados nas paredes.	- Recursos humanos: Colaboração dos alunos em aderir às instruções (F08).
Gerenciamento de produtos/reagentes químicos	- Etiquetas de Identificação; - Inventários dos produtos e reagentes; - Sistema de controle eletrônico dos produtos; - Reutilização dos produtos vencidos em aulas.	- Recursos humanos: Colaboração da equipe e coordenadores (F13).
	- Planejamento para compras de produtos.	- Recursos humanos: Colaboração da equipe e coordenadores (F13). - Recursos financeiros: Disponibilidade de recursos financeiros (F16).
	- Experimentos em mini escala.	- Recursos humanos: Conhecimento às metodologias eficientes (F07). - Recursos humanos: Colaboração da equipe (F13).

Categorias	Práticas	Facilitadores
Conservação da água	- Substituição de equipamentos de economia de água.	- Recursos financeiros Disponibilidade de recursos financeiros (F16).
Gestão e planejamento da organização	- Calibração anual dos equipamentos	- Recursos financeiros: Disponibilidade de recursos financeiros (F16).

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Além disso, o apoio institucional da alta administração (F06) foi fundamental para iniciar a implementação da prática do gerenciamento de resíduos. Ao levar em consideração que o laboratório está inserido em uma instituição de ensino, e que os gestores são comprometidos com as causas ambientais, esse apoio hierárquico torna as ações mais rápidas. Nessa perspectiva, o apoio em atender as causas ambientais e arcar com despesas como o tratamento externo dos resíduos foram as questões mais reportadas.

Quanto à educação ambiental, o envolvimento dos alunos, monitores e a equipe do laboratório (F13) favorece para a conscientização das ações propostas. Em muitos casos, as pessoas têm o conhecimento, mas precisam ser estimuladas a se conscientizarem para executar, de fato, as ações propostas. Nesse sentido, faz uso de conceitos e ideias de educação ambiental como uma das possibilidades de melhorar a situação no local, especialmente ao uso consciente da água e da energia.

No tocante ao gerenciamento de produtos e reagentes químicos, contar com a ajuda dos colaboradores como a equipe de funcionários (F13) e em especial à equipe de gestão (F05) composta pelos estagiários, além dos monitores foi crítico em função das atividades demandadas pela prática de gerenciamento como a identificação dos produtos, registro do volume utilizado e lançamento das informações atualizadas nas planilhas de controle.

Associado aos recursos humanos, o conhecimento (F07) da equipe de colaboradores em relação às metodologias alternativas que estimulam o uso de técnicas ou procedimentos voltados para a química verde possibilitou adaptar o processo de análise. Dessa forma, procedimentos analíticos utilizando menos reagentes e produtos químicos, sem comprometer os resultados das análises, auxiliam no gerenciamento de produtos e são conhecidos como experimentos em mini escala. Assim, o conhecimento das pessoas envolvidas possibilita melhorias e adaptar os processos com metodologias mais limpas:

“O grupo de colaboradores tem uma formação técnica da área de meio ambiente, então essa formação possibilita a você procurar melhorias da parte ambiental. Então, posso dizer que existe a iniciativa individual de cada pessoa, por exemplo: porque eu preciso usar todo esse reagente se eu posso reduzir? Então, o conhecimento técnico dos funcionários é um facilitador

[...]. Nós estamos adaptando às metodologias mais eficientes, para reduzir o consumo de produtos e, com isso, a quantidade de rejeitos. Então procuramos qual metodologia se torna menos agressiva tanto aos funcionários como ao meio ambiente. Nós partimos com estratégias de melhorias de equipamentos, metodologias de quantidade de amostras, quantidade de reagentes utilizados no processo e tempo da análise. Nós além de melhorarmos as metodologias existentes, sempre adicionamos novas metodologias” (Técnico de laboratório).

Referente ao gerenciamento de resíduos, os resíduos necessitam de um tratamento externo, como a incineração que por sua vez pode representar um custo significativo para os laboratórios. Nessa perspectiva, a coordenação considera que o orçamento disponibilizado pela alta gestão da instituição (F16) facilita a contratação da empresa especializada. De fato, para o coordenador do laboratório “o contrato da gestão de resíduos não seria possível sem a parte financeira”.

Dispor de uma empresa especializada geograficamente próxima e que apresentava licenciamento tanto para o transporte quanto para o processo de incineração foi também fundamental para o gerenciamento dos resíduos perigosos dos laboratórios. Destaca-se que a empresa especializada (F26) apresentou ser um novo facilitador em razão de não ter sido observado na literatura. Nesse sentido, foi apontado como essencial pelo coordenador:

“Nós temos alguns resíduos perigosos que precisam de um destino adequado. Como não temos incineração aqui, tem que ter uma empresa que preste esse serviço. Ter uma empresa próxima é um facilitador com toda certeza” (Coordenador de laboratório).

Antes da existência da atual empresa, o resíduo ficava acumulado aguardando o recolhimento de uma empresa localizada na região sul do país que realizava a coleta apenas uma vez ao ano. Portanto, a partir do momento em que uma empresa especializada integrou no mercado local, facilitou grandemente a coleta dos resíduos perigosos. A coleta passou a ser realizada aproximadamente a cada três meses ou quando necessário, reduzindo dessa forma o passivo ambiental no laboratório.

Para a prática da conservação da água, foi necessário um investimento (F16) para a aquisição de um equipamento purificador de água. Do mesmo modo, possuir orçamento (F16) para realizar calibrações anuais dos equipamentos facilitou o processo de gerenciamento e planejamento do laboratório, como retratou o técnico de laboratório:

“Eu apontaria o recurso financeiro como um segundo facilitador porque infelizmente a manutenção e a calibração de equipamentos são sempre muito, muito caros. Então o fato da gente ter recurso ajuda bastante mesmo” (Técnico de laboratório).

De forma geral, dentre as categorias identificadas como facilitadores na implementação de práticas ambientais, os recursos humanos foram os mais citados (8), seguido de recursos financeiros (4). A colaboração da equipe (F13) de funcionários nas etapas do gerenciamento de resíduos e produtos químicos, na conscientização ambiental, juntamente com o apoio da coordenação (F13) foram críticos na implementação das práticas ambientais. O conhecimento (F07) dos colaboradores também foi identificado como relevante no gerenciamento de produtos químicos, em especial por possibilitar a inserção de novas metodologias associadas à química verde.

A disponibilidade de orçamento (F16) foi um facilitador em especial para a prática de gerenciamento de resíduos considerando os custos associados à incineração. Além disso, esse fator influenciou ainda a compra de equipamentos purificadores de água, em substituição aos destiladores que consumiam um volume elevado de água. A disponibilidade de orçamento (F16) foi ainda primordial para a calibração anual dos equipamentos. Essa é uma prática que requerer um custo elevado e é exigência da Norma ISO/IEC 17025, a qual dispõe sobre os Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração. Essa norma direciona ações para laboratórios e o “LAB01” procura segui-la dentro das suas limitações financeiras.

4.1.3.2 Barreiras

O quadro 6 apresenta as barreiras encontradas para implementação das práticas ambientais no LAB01. Muito embora tenham sido citados como principais facilitadores, aos recursos humanos foram também preponderantes como os principais entraves, recebendo 5 citações.

Uma nova barreira foi identificada pelo estudo empírico e correspondeu a falta de comprometimento (B07) de alguns colaboradores prejudicar o descarte correto nas lixeiras específicas dos resíduos sólidos. Ademais, a falta de conscientização (B08) das pessoas envolvidas também foi considerada um problema que ainda persiste no laboratório, especialmente no descarte adequado dos resíduos.

Quadro 6 – Barreiras identificadas no LAB01

Categorias	Práticas	Barreiras
Gerenciamento de resíduos	- Segregação/coleta seletiva dos resíduos sólidos; - Minimização dos resíduos.	- Gestão e planejamento: Falha no processo de compras: Fora dos padrões de qualidade esperados (B13); - Recursos humanos: Falta de conhecimento por não saber como reaproveitar todos os resíduos (B03).
	- Caderno de controle dos rejeitos perigosos.	Não evidenciada
	- Tratamento externo dos rejeitos perigosos por empresa especializada.	
Educação ambiental	- Discussão em reuniões; - Cartazes afixados nas paredes.	- Recursos humanos: Falta de conscientização das pessoas envolvidas (B08).
Gerenciamento de produtos/reagentes químicos	- Etiquetas de Identificação; - Inventários dos produtos e reagentes; - Sistema de controle eletrônico dos produtos;	Não evidenciada
	- Reutilização dos produtos vencidos em aulas;	- Recursos humanos: Falta de conhecimento em alternativas de como reutilizar reagentes/soluções (B03).
	- Planejamento para compras de produtos.	- Gestão e planejamento: Falha no processo de compras: Planejamento do volume a ser utilizado (B17).
	- Experimentos em mini escala.	- Recursos humanos: Poucas pessoas para alta demanda (B05). - Gestão e planejamento: Falta de materiais e equipamentos compatíveis com os processos (B16).
Gestão e planejamento da organização	- Calibração anual dos equipamentos.	- Recursos financeiros; Falta de orçamento (B18)

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Quanto a gestão e planejamento, três novas barreiras também foram reportadas. A primeira, compete à compra de produtos fora dos padrões de qualidade esperado (B13), o que resulta em descarte frequente e aumento da quantidade de resíduos:

“Outro problema são os materiais e equipamentos de má qualidade que é terrível para a questão dos resíduos. Um exemplo, tem reagente que não reage, ou tem uma luva que é muito fina e na hora de usar ela rasga. Tem equipamentos que quebram e acabam virando um passivo, um lixo eletrônico, isso dificulta a gestão dos resíduos, quebram mais e não se reutiliza, nem se usa, só aumentando os resíduos gerados” (Coordenador de laboratório).

A segunda, está relacionada à falta de planejamento (B17) dos professores para compra referente ao volume adequado a ser utilizado em aulas práticas. Dessa forma, fica produtos em excesso no estoque que acabam perdendo a validade, tornando-se um passivo e que demanda de um tratamento externo, gerando um custo a mais para a instituição.

E por fim, o terceiro entrave citado foi a carência de materiais e equipamentos compatíveis (B16) com os processos de experimentos em mini escala, tendo em vista que para a realização de algumas análises utilizando menos reagentes se faz necessário equipamentos mais modernos:

“[...] hoje existem equipamentos mais modernos que conseguem fazer análise com o mínimo de reagentes possível [...] eles são todos produzidos na intenção de reduzir custos, ser prático, ser portátil. Mas quanto mais moderno, mais caro” (Técnico de laboratório).

No tocante aos recursos financeiros, esse também foi considerado uma dificuldade no que tange aos custos (B18) necessários para a manutenção e calibração de equipamentos. Por se localizar em uma instituição de ensino e pesquisa, os recursos muitas vezes são limitados e acabam não sendo tratados como prioridade.

4.1.3.3 Fatores motivadores

Os fatores motivadores identificados no LAB01 são apresentados no Quadro 7. Merece destaque um novo motivador identificado relacionado à cultura organizacional (M18) mais sustentável na instituição, como servir de exemplo a outros laboratórios, tendo em vista que o “LAB01” é inserido no departamento de recursos naturais da instituição. Dessa forma, a coordenação acredita que introduzir as boas práticas para o gerenciamento dos resíduos podem estimular também outros laboratórios. Ainda como um novo motivador identificado foi a organização (M17) do laboratório com base em uma melhor gestão. Exemplos de práticas que foram implementadas por esse motivador correspondem à identificação, o inventário dos produtos e reagentes e o sistema de controle eletrônico dos produtos.

Quadro 7 – Fatores motivadores identificados no LAB01

Categorias	Práticas	Motivadores
Gerenciamento de resíduos	- Segregação/coleta seletiva dos resíduos sólidos; - Minimização dos resíduos.	- Cultura organizacional (M18): Servir de exemplo a outros laboratórios.
	- Identificação, acondicionamento, e armazenamento dos resíduos sólidos e líquidos perigosos; - Caderno de controle dos rejeitos perigosos; - Tratamento externo dos rejeitos perigosos por empresa especializada.	- Normativo: Almeja certificação da Norma ISO/IEC 17025 (M06); - Cultura organizacional (M18): Servir de exemplo a outros laboratórios.
Educação ambiental	- Discussão em reuniões; - Cartazes afixados nas paredes.	- Cultura organizacional (M18): Servir de exemplo a outros laboratórios
Gerenciamento de produtos/reagentes químicos	- Etiquetas de Identificação; - Inventários dos produtos e reagentes; - Sistema de controle eletrônico dos produtos;	- Gestão e planejamento: Organização (M17).
	- Reutilização dos produtos vencidos em aulas;	- Cultura organizacional (M18): Gerar menos resíduos
	- Planejamento para compras de produtos.	- Econômico: Evitar o desperdício com compras em excesso (M11).
Gerenciamento de produtos/reagentes químicos	- Experimentos em mini escala.	- Cultura organizacional (M18): Processos menos agressivos para o meio ambiente e manipuladores; - Gestão e planejamento: Otimização de processos e técnicas (M16) - Econômico: Reduzir custos (M10).
Conservação da água	- Substituição de equipamentos de economia de água.	- Gestão da qualidade (M19): 1. Melhorar a qualidade da água; 2. Praticidade.
Gestão e planejamento da organização	- Calibração anual dos equipamentos	- Normativo (M06): ISO/IEC 17025 - Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração.

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Algumas medidas do gerenciamento de resíduos químicos como o tratamento externo foram motivadas pela norma ABNT ISO/IEC 17025 (M06). Outra medida apontada com cunho normativo refere-se à calibração anual dos equipamentos, sendo justificada como uma exigência da mesma norma.

O fator econômico também foi relevante e esteve relacionado especificamente à prática de gerenciamento de produtos químicos como o planejamento de compras para evitar o desperdício (M11), bem como a aquisição de equipamentos que possibilitam o uso de metodologias em mini escala utilizando processos menos agressivos para o meio ambiente e aos manipuladores, reduzir custos (M10) por utilizar menos produtos nos procedimentos, assim como otimização de processos e técnicas (M16).

4.2 ESTUDO DE CASO 2 – “LAB02”

Esta seção irá apresentar brevemente a caracterização da organização, seguida de uma discussão das práticas ambientais identificadas, assim como do contexto que envolve a implementação observados no Estudo de caso 2.

4.2.1 Breve caracterização da organização

O “LAB02” está localizado em uma instituição de ensino, pesquisa e extensão. Atende também às demandas de serviços realizando análises de águas e efluentes. O quadro de colaboradores é composto por 1 coordenador, 1 gerente, 1 supervisor e aproximadamente 12 pessoas que compõe o corpo técnico.

4.2.2 Práticas ambientais identificadas

Foram identificadas 4 categoriais de práticas ambientais implementadas no laboratório, tais como: gerenciamento de resíduos, eficiência energética, gerenciamento de produtos/reagentes químicos e a conservação da água (Quadro 8).

Quadro 8 – Categorias e práticas ambientais identificadas no LAB02

Categorias	Práticas
Gerenciamento de resíduos	- Segregação/coleta seletiva dos resíduos sólidos (P09); - Minimização dos resíduos (P10); - Acondicionamento e armazenamento dos resíduos líquidos (P13).
	- Lista de controle dos rejeitos perigosos (P20).
	- Tratamento externo dos resíduos perigosos por empresa especializada (P11).
	- Sistema de Gestão Ambiental (SGA) (P52)
Eficiência energética	- Lâmpadas de LED (P30); - Calhas espelhadas (P36); - Equipamentos de economia de energia (P29).
Gerenciamento de produtos/reagentes químicos	- Experimentos em mini escala (P21).
	- Identificação dos produtos/reagentes (P23).
	- Planejamento de compra dos produtos/reagentes (P28).
Conservação da água	- Sistema para reuso da água (P47).
	- Planilha de controle do volume utilizado (P48).

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Após o processo de análise, o gerenciamento no laboratório se inicia pela caracterização de resíduos (P09) de acordo com o Diagrama de Hommel, constando o peso, o tipo (sólido, líquido ou semissólido), a composição (oleosa ou não) e o tipo, por exemplo se vidro ou papel. Em seguida, os resíduos sólidos são segregados (P09) e os resíduos líquidos são acondicionados em bombonas específicas (P13). Ambos são armazenados em uma sala no laboratório (Fotografia 2), que não é exclusiva para esta finalidade, para posteriormente serem transportados à central de resíduos da instituição. Para obter o controle desses resíduos, a equipe faz uso de uma lista dos rejeitos perigosos (Lista de Manifesto) (P20) que saem do laboratório. Contudo, as etapas do gerenciamento dentro do laboratório dependem do tipo de amostra e do cliente, conforme explicou a coordenadora:

“Na gestão de resíduos, tem a parte de amostras que a gente não utiliza e os resíduos químicos gerados dentro do laboratório. Então essa parte é toda

identificada e entregue à universidade, no caso ao departamento de meio ambiente, que a universidade tem um contrato com uma empresa que faz o tratamento” (Coordenadora de laboratório).

Desse modo, para os remanescentes das amostras que não foram utilizadas, é estabelecido um contrato com alguns clientes e os mesmos são responsáveis por recolher e descartar suas amostras. Essa ação de retornar uma amostra se configura como uma prática de minimização de resíduos (P10) no laboratório. Os clientes são responsabilizados, portanto, em recolher e descartar as amostras.

Fotografia 2 – Rejeitos líquidos armazenados para posterior recolhimento.



Fonte: Elaboração própria em 2019.

Os principais resultados alcançados com essas práticas de gerenciamento de resíduos evidenciados no caso foram a diminuição de riscos de acidentes e a visão dos alunos acerca de como manusear esses resíduos. Sobre os riscos de acidentes, o técnico de laboratório acredita que o pouco período que as bombonas encontram-se armazenadas no laboratório foram um dos principais resultados alcançados:

“A gente não descartava de forma incorreta, a gente não jogava ou deixava acumulado lá fora do laboratório, a gente deixava separado, mas ficava acumulando e isso pode gerar um impacto porque se as bombonas furarem ou tiver algum problema com as bombonas..., mas eu acho que diminuindo o tempo que elas ficam no laboratório, eu acho que você diminui pelo menos um risco de contaminação. [...] (Técnico de laboratório).

A prática de eficiência energética consiste basicamente em ações simples como a substituição de lâmpadas de LED (P30), utilização de calhas espelhadas (P36) para melhorar a

iluminação e o uso de equipamentos de economia de energia (P29) como ar condicionados com selo A. Os resultados mais relevantes pela adoção das práticas de eficiência energética compreendem a economia de energia e diminuição do impacto ocasionado pelo consumo.

Relacionado ao gerenciamento dos produtos e reagentes químicos, o laboratório realiza a identificação dos produtos/reagentes (P23), desenvolve experimentos em mini escala (P21) e realiza o controle em planilhas para planejamento de compras (P28). Após a identificação de todos os frascos dos produtos e reagentes esses são separados por incompatibilidade e os que se encontram em uso ficam armazenados em armários próprios dentro de cada laboratório, chamado de Armários de Drogas. Já o estoque fica localizado em uma sala refrigerada com os produtos armazenados em uma mesa.

O controle desses produtos é realizado por uma planilha eletrônica (P25) do Excel constando o volume de cada produto, o que foi retirado e o que ainda está disponível, auxiliando no planejamento das compras. O experimento em mini escala (P21) também foi uma prática identificada no laboratório. Essa prática está mais associada à inovação em metodologias como demonstrou um entrevistado:

“Ao longo dos anos a gente foi modernizando os equipamentos, escolhendo as metodologias e optamos pelas que utilizassem reagentes menos tóxicos e aquelas metodologias com menor consumo de reagentes. Por exemplo, a metodologia de óleos e graxa, tem laboratórios que utilizam extração simultâneas de hexano com 300ml e a gente aqui utiliza 10ml. Então, conseqüentemente, a gente consome menos reagentes e também gera menos resíduos, além da economia financeira. A gente sempre opta por utilizar os procedimentos que minimizam o consumo de reagentes” (Coordenador de laboratório).

Dessa forma, como principais resultados pelas ações da prática do gerenciamento de produtos/reagentes químicos foram apontadas a diminuição da quantidade do uso de solventes, economia na compra de reagentes, redução do custo das análises e a minimização de geração de resíduos.

Quanto à conservação da água, o laboratório tem um sistema de captação da água para reuso (P47), reaproveitando nos sanitários do laboratório, como reportou a coordenação:

“A universidade tem um sistema próprio de captação e tratamento de água. A água da pia dos laboratórios vai direto para a estação de tratamento da universidade e retorna para a caixa de água para ser utilizada nos sanitários” (Coordenador de laboratório).

Em complemento para a conservação da água, o laboratório apresentou uma nova prática que não tinha sido evidenciada no estudo teórico, com uso de uma planilha de controle do volume utilizado (P48) da água dos equipamentos, como destiladores e purificadores de

água. O técnico explicou que quando a pessoa vai retirar a água, anota o volume a ser utilizado, a data e faz o registro:

“Nós temos um controle bem rígido em relação as águas porque usamos tipos de águas diferentes como água de osmose, água ultrapura e água destilada. Então nós fazemos o controle rígido porque às vezes tem um gasto muito alto de água. Para produzir 1 litro de água destilada você gasta 10 litros, é um volume bem alto, então tem esse controle” (Técnico de laboratório).

A redução do desperdício da água, o maior controle do uso, a diminuição de emissão de efluentes e a economia do consumo de água foram descritos como os resultados mais positivos da implementação da prática de conservação da água no local.

Finalmente, o laboratório está implementando um Sistema de Gestão Ambiental (P52). Os documentos Objetivos, Planos e Metas, Avaliação de Aspectos e Impactos (AAI), Política Ambiental e Matriz de Impactos, estão em fase de elaboração.

4.2.3 Contexto da implementação

Esta seção discute o contexto da implementação que inclui os fatores facilitadores, as barreiras e os fatores motivadores para implementação das práticas ambientais identificadas.

4.2.3.1 Fatores facilitadores

Dentre as categorias identificadas, os recursos humanos foram os mais relatados pelos entrevistados, seguidos dos recursos financeiros, ações de gestão e planejamento e, por fim, o design da infraestrutura (Quadro 9). Esse resultado demonstra que os recursos humanos se configuram como principal meio para implementar ou manter práticas ambientais no laboratório. Nesse sentido, quando relacionado à equipe e ao grande número de alunos que frequentam o local, esses foram apontados por auxiliar na execução de práticas de gestão. Ressalta-se que apesar de ter sido citado como um facilitador pelos entrevistados, este estudo compreende que o conhecimento está atrelado aos recursos humanos, sendo, portanto, incluído nessa categoria. Dessa forma, pode-se inferir que o envolvimento dos alunos (F08) e a colaboração da equipe (F13) compõe o principal suporte que auxilia nas práticas, especialmente quando se refere ao gerenciamento de resíduos e de produtos/reagentes químicos.

Quadro 9 – Fatores facilitadores identificados no LAB02

Categorias	Práticas	Facilitadores
Gerenciamento de resíduos	- Segregação/coleta seletiva dos resíduos sólidos; - Minimização dos resíduos; - Acondicionamento e armazenamento dos resíduos.	- Recursos humanos: 1. Equipe especializada de gestão (F05); 2. Conhecimento (F07); 3. Colaboração da equipe (F13); 4. Envolvimento/colaboração dos alunos (F08).
	- Lista de controle dos rejeitos perigosos.	- Recursos humanos: 1. Equipe especializada de gestão (F05); 2. Conhecimento (F07).
	- Tratamento externo dos resíduos perigosos por empresa especializada.	- Recursos humanos: Apoio da alta administração da instituição (F06). - Recursos financeiros: Disponibilidade de orçamento pela instituição (F16).
Eficiência energética	- Lâmpadas de LED; - Calhas espelhadas; - Equipamentos de economia de energia	- Recursos humanos: Apoio da alta administração da instituição (F06); - Recursos financeiros: Disponibilização de orçamentos pela instituição (F16).
Gerenciamento de produtos/reagentes químicos	- Experimentos em mini escala.	- Recursos humanos: 1. Conhecimento das metodologias (F07); 2. Envolvimento dos alunos (F08): inovar com experimentos voltados para química verde.
	- Separação e identificação dos produtos/reagentes.	- Recursos humanos: 1. Conhecimento (F07); 2. Envolvimento dos alunos/equipe.
	- Controle em planilhas para planejamento de compra dos produtos/reagentes.	- Recursos humanos: 1. Colaboração da equipe (F13); 2. Envolvimento/colaboração dos alunos (F08).

Categorias	Práticas	Facilitadores
Conservação da água	- Reuso da água das pias dos banheiros para a descarga.	- Design da infraestrutura: Estrutura física do prédio foi projetada. - Recursos financeiros: Empresa financiadora
	- Planilha de controle do volume utilizado.	- Recursos humanos: 1. Colaboração da equipe (F13); 2. Envolvimento/colaboração dos alunos (F08).

Fonte: Elaboração própria em 2019.

No tocante ao gerenciamento de resíduos, a equipe especializada (F05) de gestão é relevante por gerenciar todas as etapas dos resíduos. Do mesmo modo, o conhecimento (F07) e o envolvimento dos alunos (F08) e a colaboração da equipe (F13) foram considerados importantes, especialmente para a etapa inicial da segregação:

“A maioria do pessoal e eu também faço engenharia ambiental, e aí tem um certo conhecimento [...] A partir do conhecimento, nós conversamos com as equipes, que a maioria é aluno, e a gente tem um grande número de alunos que fica mudando. E aí quando ele entra, são passadas as informações para eles e a gente não tem tanta dificuldade por não estar fazendo a segregação correta, por exemplo. Não, eles seguem bem direitinho, então nós não temos tido problemas” (Técnico de laboratório).

Os recursos humanos foram exclusivamente mencionados como facilitador para o gerenciamento de produtos/reagentes químicos, compreendendo o conhecimento e o envolvimento dos alunos/equipe. De fato, as ações praticadas pelo laboratório dependem muitas vezes do comprometimento das pessoas, em sua maioria alunos, para dar continuidade as ações, como também a procura dos alunos em trazer mudanças e novos conhecimentos em pesquisas e metodologias:

“O fato da gente estar na universidade, você ter pessoas que estão estudando. Então, geralmente quando você está em uma empresa, o seu chefe chega para você e diz: o procedimento é esse. Mas às vezes a gente tem uma interação muito interessante com pessoas que estão entrando e estudando. Eu implantei muita coisa quando eu era aluna, às vezes muitos alunos têm o conhecimento e a vontade de fazer algo diferente. Alguns alunos sugerem: eu posso tentar utilizar menos reagentes aqui? Então tem essa curiosidade dos alunos. Então é o conhecimento dos alunos e a expertise ou essa vontade de fazer diferente” (Coordenadora de laboratório).

O técnico de laboratório acrescentou que o conhecimento (F07) das técnicas e de metodologias, incluindo também a toxicidade dos solventes, era um dos principais facilitadores para implementação da prática de gerenciamento de produtos/reagentes.

O segundo facilitador mais citado faz menção à disponibilidade de recursos financeiros (F16). Esse fator foi considerado importante especialmente para as práticas de eficiência energética e gerenciamento de resíduos. É interessante destacar que o laboratório recebe investimentos da própria instituição de ensino, o que facilitou a instalação de lâmpadas de LED, das calhas espelhadas e a compra de equipamentos de economia de energia como ar condicionados com selo “A”. A instituição é ainda responsabilizada pelo custo do tratamento externo de resíduos perigosos.

Por fim, o design da infraestrutura foi considerado um facilitador para a prática de conservação de água. Sem o projeto da construção do prédio, seria praticamente inviável implementar o reuso da água devido ao gasto elevado com reformas.

4.2.3.2 Barreiras

Os principais entraves compreendem problemas referentes aos recursos humanos com três citações, seguidos da gestão e planejamento com duas, recursos financeiros e uma nova barreira identificada como a validação de metodologias com uma cada (Quadro 10).

Apesar dos recursos humanos terem sido citados como principal facilitador, também se apresentaram como maior barreira. Foi evidenciado que os alunos não seguem as orientações e recomendações (B07) concernentes à separação adequada dos resíduos e dos produtos químicos. Além disso, há falhas no registro do volume retirado da água dos equipamentos por falta de comprometimento dos alunos.

Em adição, a rotatividade de alunos e estagiários (B02) também foi apontada como uma dificuldade em manter, principalmente, o gerenciamento de resíduos e produtos químicos, haja vista que os alunos quando ingressam no laboratório precisam ser habilitados e orientados a exercer as atividades rotineiras do local, consoante informou a coordenadora:

“Apesar de ser um facilitador, a principal barreira é o pessoal. As pessoas atentarem para o descarte correto dos frascos que estão identificados, mesmo ensinando e explicando, ainda tem aquelas pessoas que optam por fazer da maneira mais fácil porque ninguém está vendo. E é difícil fiscalizar, principalmente dentro de universidades, quando se tem uma rotatividade grande. Porque tem sempre alunos que estão estagiando, mas passa 1 ano ou 2 e sempre chegam novos alunos que tem que treinar bem e nem toda cabeça está preparada para se adaptar” (Coordenadora de laboratório).

Quadro 10 – Barreiras identificadas no LAB02

Categorias	Práticas	Barreiras
Gerenciamento de resíduos	- Segregação/coleta seletiva dos resíduos sólidos; - Minimização dos resíduos; - Identificação, acondicionamento E armazenamento dos resíduos líquidos; - Lista de controle dos rejeitos perigosos.	- Recursos humanos: 1. Falta de comprometimento da equipe (B07); 2. Rotatividade de alunos/estagiários (B02).
	- Tratamento externo dos resíduos perigosos por empresa especializada;	- Gestão e planejamento: Burocracia da instituição (B12).
Eficiência energética	- Lâmpadas de LED; - Calhas espelhadas; - Ar condicionados com selo “A”	- Gestão e planejamento: Burocracia da instituição (Morosidade, requisição) (B12).
Gerenciamento de produtos/reagentes químicos	- Experimentos em mini escala.	- Validação de Metodologias: Limitação de técnicas/metodologias validadas (B19).
	- Separação e identificação dos produtos/reagentes.	- Recursos humanos: Falta de comprometimento (B07).
	- Controle em planilhas para planejamento de compra dos produtos/reagentes.	Não evidenciada
Conservação da água	- Reuso da água das pias dos banheiros para a descarga.	Não evidenciada
	- Planilha de controle do volume utilizado.	- Recursos humanos: Falta de comprometimento (B07).
	- Substituição de equipamentos de economia de água.	Não evidenciada

Fonte: Elaboração própria em 2019.

No tocante aos problemas de gestão e planejamento, os mesmos estavam relacionados à burocracia da instituição (B12) para compras ou solicitar serviços. Por ser um laboratório inserido em uma instituição acadêmica, é necessário passar por processos de requisição, licitação, o que desencadeia muitas vezes em demora para concluir as ações planejadas, como compartilhou a coordenadora do laboratório:

“A burocracia da universidade. Nem sempre quando você pede, você é prontamente atendido. Existe um lapso para as coisas acontecerem. É

diferente de você ter um dinheiro e você diz vamos comprar isso e lá e comprar. Outra coisa é você fazer uma requisição para universidade, que tem que vir uma equipe para avaliar e avaliar o custo e repassar ao departamento, tudo isso tem um tempo, uma morosidade” (Coordenadora de laboratório).

Finalmente, a última barreira relatada foi correspondente à limitação de metodologias validadas (B19) que impedem novas alternativas em reduzir o uso de produtos químicos nos procedimentos analíticos. À vista disso, os dois entrevistados tiveram a mesma concepção acerca dessa problemática no ambiente laboratorial:

“Quando a gente trabalha com química analítica, tudo tem que ser validado, então você precisa provar que aquele procedimento que você está alterando em relação ao original, você tem que provar que ele funciona tão bem ou então, melhor do que aquele que já está normatizado” (Coordenadora de laboratório).

O técnico de laboratório corroborou no que tange à dificuldade de inserir novas metodologias válidas:

“As metodologias por que não tem como mudar. Algumas análises você tem a opção de várias metodologias e outras não. Por exemplo, a prática com reagentes orgânicos é difícil, tem aquele uso mesmo no preparo das amostras, não tem como retirar. Mas a gente tenta diminuir o máximo possível dos solventes, que seriam as técnicas que chamam de química verde” (Técnico de laboratório).

4.2.3.3 Motivadores

Os principais motivadores apontados pelos entrevistados foram relacionados aos recursos humanos e estimulados pela consciência ambiental da equipe do laboratório (Quadro 11). Também foram citados o objetivo econômico, estratégias de gestão e planejamento, os fatores normativos e os coercitivos.

A prática do SGA foi motivada especialmente pelo fator coercitivo, tendo em vista a exigência de alguns clientes (M09) requisitarem que o laboratório gerencie e controle seus resíduos perigosos:

“Como nós prestamos serviço à Petrobrás, ela pede que o laboratório tenha esse gerenciamento, que tenha o SGA. Não que a gente não fizesse a separação, a segregação nas bombonas tanto dos resíduos líquidos, dos sólidos e como dos solventes, a gente já fazia. Porém, a gestão mesmo dos resíduos só começou a funcionar 100% devido a esse pedido do cliente” (Técnico de laboratório).

Quadro 11 – Fatores motivadores identificados no LAB02

Categorias	Práticas	Motivadores
Gerenciamento de resíduos	- Segregação/coleta seletiva dos resíduos sólidos; - Minimização dos resíduos; - Identificação, acondicionamento e armazenamento dos resíduos líquidos; - Lista de controle dos rejeitos perigosos.	- Normativo: Seguir a legislação CONAMA 430 (M06); - Coercitivo: Exigência de clientes (M09)
	- Tratamento externo dos resíduos perigosos por empresa especializada.	
	Sistema de Gestão Ambiental (SGA)	- Coercitivo: Exigência de clientes (M09)
Eficiência energética	- Lâmpadas de LED; - Calhas espelhadas; - Ar condicionados com selo “A”	- Econômico: Redução do custo (M10);
Gerenciamento de produtos/reagentes químicos	- Experimentos em mini escala.	- Econômico: 1. Economia na compra de produtos (M13); 2. Custo-benefício das análises (M12). 3. Otimização de processos e técnicas (M16).
	- Separação e identificação dos produtos/reagentes.	- Gestão e planejamento: Organização (M17)
	- Controle em planilhas para planejamento de compra dos produtos/reagentes.	- Econômico: Economia de reagentes (M13).
Conservação da água	- Reuso da água das pias dos banheiros para a descarga.	- Econômico: Evitar o desperdício (M11)
	- Planilha de controle do volume utilizado.	- Econômico: Evitar o desperdício (M11)
	- Substituição de equipamentos de economia de água.	- Econômico: Evitar o desperdício (M11). Evitar custos de manutenção dos filtros (M10).

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Em complemento, a coordenadora acredita que a prática foi estimulada pela legislação que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes:

“A Exigência ambiental, alguns contratos pedem que a gente tenha, mesmo que não tenha a certificação, mas que tenha um SGA em andamento dentro do laboratório. Mas o principal motivador é a legislação CONAMA nº 430 que trata da emissão de efluentes. E quanto ao cliente, ele acaba se tornando um fiscalizador” (Coordenadora de laboratório).

As ações implementadas para a prática de eficiência energética foram ocasionadas pela perspectiva econômica em reduzir o custo (M10). Para a prática de conservação da água, as intervenções apresentaram uma tendência originada pela economia, no esforço em evitar o desperdício de água (M11), reduzir o consumo (M10) o que ainda diminui a geração de efluentes na rede coletora. O técnico de laboratório contemplou o lado econômico relacionado aos custos elevados de manutenção dos equipamentos, justificando a prática das planilhas para o controle do volume de água utilizado.

Referente ao gerenciamento de produtos e reagentes químicos, apresentaram dois fatores diversificados, tais como a gestão e planejamento e o fator econômico. Relativo ao motivador de gestão e planejamento, contribuiu para diminuir o espaço para armazenamento de produtos e reagentes químicos, proporciona a organização (M17) por compatibilidade química dos produtos, assim como otimizar os processos com técnicas mais moderna e limpas (M16).

Por fim, no tocante ao econômico, as práticas de gerenciamento de produtos/reagentes foram motivadas buscando a economia na compra de produtos (M13), a redução do uso de reagentes (M10) e o custo-benefício das análises (M12). Esse custo-benefício configura que, na medida em que se usa menos reagentes, possibilita a redução do valor repassado aos clientes pela análise.

4.3 ESTUDO DE CASO 3 – “LAB03”

Esta seção irá apresentar brevemente a caracterização da organização, seguida de uma discussão das práticas ambientais identificadas, assim como do contexto que envolve a implementação observados no Estudo de caso 3.

4.3.1 Breve caracterização da organização

O “LAB03” corresponde a uma empresa privada que tem como principal atividade a prestação de serviços em análises físico-químicas, microbiológicas e planctônica em água e efluentes. Recebe aproximadamente de 30 a 100 clientes por mês, entre fixos e esporádicos e

em média realiza 4.500 amostras por ano. O quadro de funcionários conta com um total de 7 sendo 3 na parte de análises, com formação em aquicultura, química e engenharia ambiental, um motorista, um responsável técnico, um diretor e uma secretária. A área total compreende 68 m², divididos em secretaria, sala de esterilização, sala de expurgo e sala de análises.

4.3.2 Práticas ambientais identificadas

Três categoriais de práticas ambientais foram identificados no laboratório: gerenciamento de resíduos, eficiência energética e o gerenciamento de produtos químicos/reagentes (Quadro 12).

Após o processo de análise químicas, ocorre a primeira etapa do gerenciamento com a segregação dos resíduos sólidos (P09). Para os resíduos líquidos, existe uma sala de armazenamento onde os mesmos são armazenados e acondicionados (P13) em bombonas de 80 litros. Uma vez por mês a empresa especializada recolhe todos os resíduos perigosos do laboratório para o tratamento externo (P11), conforme contrato anual estabelecido com a mesma. Como última etapa do gerenciamento, é elaborada uma lista de controle (P20) para essa classe de resíduos. Os procedimentos adotados para o gerenciamento de resíduos garantiram o cumprimento de normas da vigilância sanitária e a redução de impactos ambientais.

Quadro 12 – Práticas ambientais identificadas

Categorias	Práticas
Gerenciamento de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> - Segregação dos resíduos sólidos (P09); - Acondicionamento e armazenamento dos resíduos líquidos (P13); - Lista de controle dos rejeitos perigosos (P20); - Tratamento externo dos resíduos perigosos por empresa especializada (P11).
Eficiência energética	<ul style="list-style-type: none"> - Lâmpadas de LED (P30); - Calhas espelhadas (P36); - Equipamento de economia de energia (P29); - Desligar os equipamentos e luzes quando não estiverem em uso (P32); - Manutenção de equipamentos (P37).
Gerenciamento de produtos/reagentes	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema para rastrear e gerenciar produtos químicos (P25); - Inventário dos produtos químicos (P22).

Fonte: Elaboração própria em 2019.

As práticas de eficiência energética consistiam basicamente no uso de lâmpadas de LED (P30), de calhas espelhadas (P36) para otimização da iluminação e uso de equipamentos de economia de energia (P09) como ar condicionados com selo de eficiência “A”. Além disso, a técnica de laboratório relatou que as pessoas procuram obter um comportamento mais consciente quanto ao uso da energia, como desligar os equipamentos quando não estiverem em uso (P32), conforme descrito abaixo:

“Nem sempre estão os dois ar condicionados ligados, quando a gente não está aqui na sala, a gente desliga o ar. Temos cuidado com relação as luzes também, por mais que seja de LED, quando a gente não está no ambiente, a gente desliga. [...] Só os refrigeradores que não têm como, porque armazenamos amostras e reagentes, aí a gente não tem como desligar” (Técnico de laboratório).

Outra prática citada corresponde à manutenção preventivas anual de equipamentos (P37) e configurou uma nova prática antes não observada na literatura. Essa ação contribui para o desempenho adequado, evitando, dessa forma, desperdícios de energia pelo funcionamento irregular.

Relacionado ao gerenciamento dos produtos e reagentes químicos, o laboratório realiza a identificação dos produtos/reagentes (P23). Os que se encontram em uso ficam dispostos em prateleiras na sala de análises, todos identificados e separados por incompatibilidade. O restante precisa ficar armazenado nos refrigeradores em sala específica.

Para realizar o controle desses produtos, o laboratório dispõe de um inventário (P22) por meio de planilhas escritas e informatizadas (P25) contendo todas as informações do produto. Em complemento, também faz uso do livro de registros dos reagentes produzidos no laboratório, livro de calibração e de manipulação dos reagentes.

Quando ocorre de um reagente ou produto químico exceder o prazo de validade, os mesmos são alocados em uma sala, denominada de quarentena, para serem recolhidos no dia da coleta pela empresa especializada realizar o tratamento externo (P11). Ao fim da coleta, o laboratório recebe um documento com o registro do descarte dos produtos químicos vencidos.

Para a técnica de laboratório, o maior benefício com a prática do controle dos produtos foi uma melhor gestão dos produtos/reagentes químicos, especialmente no tocante às informações de validade para o planejamento da compra de novos produtos, conforme observado a seguir:

“A gente ter um controle dos reagentes que a gente tem no laboratório, a quantidade. Porque antes a gente só dava conta de que ia acabar o reagente quando a gente estava usando e o reagente acabou. Ou então ia usar e o reagente não tinha” (Técnico de laboratório).

4.3.3 Contexto da implementação

O contexto da implementação inclui os fatores facilitadores, as barreiras e os fatores motivadores para implementação das práticas ambientais identificadas e serão discutidos a seguir.

4.3.3.1 Fatores facilitadores

Dentre as categorias evidenciadas no “LAB03”, os recursos financeiros foram considerados facilitadores para implementação das três práticas, seguidos pelos recursos humanos e o engajamento de *stakeholders* representado pela empresa especializada (Quadro 13).

Para a prática de eficiência energética, os recursos financeiros são importantes devido aos investimentos (F16) necessários para a compra das lâmpadas e ar-condicionado, assim como aos custos de manutenção dos equipamentos. Correspondente ao gerenciamento de resíduos e produtos químicos, faz referência aos custos com o tratamento externo pela empresa especializada tanto para os resíduos sólidos como os resíduos líquidos perigosos (incluindo produtos químicos vencidos).

Os recursos humanos foram considerados essenciais para as práticas de gerenciamento de resíduos e de produtos químicos. A ajuda em conjunto dos colaboradores (F13) para as etapas do gerenciamento foi apontada como principal facilitador. Essa colaboração da equipe se torna possível pelo quadro de funcionários ser pequeno e sempre ocorrer reuniões e discussões em comum acordo sobre a função de cada pessoa na gestão. O exemplo considerado mais importante correspondeu à fiscalização do prazo de validade dos produtos e reagentes.

Quanto ao engajamento dos *stakeholders*, a empresa especializada (F26) próxima a região foi fundamental para iniciar o gerenciamento dos resíduos perigosos dos laboratórios, incluindo os produtos químicos vencidos. Para o coordenador do laboratório “o aumento da concorrência com novas empresas inseridas no mercado local tende a melhorar o custo com o tratamento e possibilitar novas alternativas de contratos”.

Quadro 13 – Fatores facilitadores identificados no LAB03

Categorias	Práticas	Facilitadores
Gerenciamento de resíduos	- Segregação dos resíduos sólidos; - Acondicionamento e armazenamento dos resíduos sólidos e líquidos; - Lista de controle dos rejeitos perigosos.	- Recursos humanos: Colaboração da equipe (F13)
	- Tratamento externo dos resíduos perigosos por empresa especializada.	- Engajamento dos stakeholders: Empresa especializada no tratamento de resíduos perigosos (F26); - Recursos financeiros: Disponibilidade de orçamento (F16).
Eficiência energética	- Lâmpadas de LED; - Calhas espelhadas; - Ar condicionado “A”; - Manutenção de equipamentos.	- Recursos financeiros: Disponibilidade de orçamento (F16).
Gerenciamento de produtos/reagentes químicos	- Controle do descarte dos reagentes vencidos; - Inventário dos produtos químicos.	- Recursos humanos: Colaboração da equipe (F13).
	- Tratamento externo dos produtos vencidos por empresa especializada.	- Engajamento dos stakeholders: Empresa especializada no tratamento de resíduos perigosos (F26); - Recursos financeiros: Disponibilidade de orçamento (F16).

Fonte: Elaboração própria em 2019.

4.3.3.2 Barreiras

O laboratório não reportou nenhum entrave que dificultasse a implementação das práticas ambientais. (Quadro 14). Os principais entraves citados pelos outros laboratórios corresponderam aos recursos financeiros e os recursos humanos. Nessa perspectiva, por se tratar de um laboratório privado de prestação de serviço, o mesmo dispõe de orçamento

próprio para as despesas e custos do local. Por exemplo, o recurso destinado ao tratamento externo faz parte do planejamento anual do laboratório, fato demonstrado pelo contrato anual com a empresa. Com relação às questões humanas, o coordenador reportou que não há problemas com relação ao comprometimento da equipe realizar as atividades previstas. Isso pode ser explicado devido ao vínculo empregatício em que os funcionários contratados executam suas atividades de forma satisfatória.

Quadro 14 – Barreiras identificadas no LAB03

Categorias	Práticas	Barreiras
Gestão de resíduos	- Segregação dos resíduos sólidos; - Acondicionamento, armazenamento dos resíduos sólidos e líquidos; - Lista de controle dos rejeitos perigosos.	Não evidenciada
	- Tratamento externo dos resíduos perigosos por empresa especializada.	Não evidenciada
Eficiência energética	- Lâmpadas de LED; - Calhas espelhadas; - Equipamentos de economia de energia; - Manutenção de equipamentos.	Não evidenciada
Gestão de produtos/reagentes químicos	- Documento de controle do descarte dos reagentes vencidos; - Inventário dos produtos químicos.	Não evidenciada

Fonte: Elaboração própria em 2019.

4.3.3.3 Motivadores

Os principais motivadores foram relacionados à questão normativa (Quadro 15), ou seja, as ações implementadas foram ocasionadas em decorrência da fiscalização (M04) da Coordenadoria de Vigilância em Saúde (COVISA). Em virtude de ser um laboratório privado, as exigências do órgão fiscalizador são impostas como condições para obter o alvará de funcionamento. Desse modo, todos os requisitos exigidos pela COVISA são prontamente cumpridos visando dar continuidade ao funcionamento do estabelecimento.

Quadro 15 – Fatores motivadores identificados no LAB03

Categorias	Práticas	Motivadores
Gerenciamento de resíduos	- Segregação dos resíduos sólidos.	Não evidenciado
	- Identificação, acondicionamento, armazenamento dos resíduos sólidos e líquidos perigosos; - Lista de controle dos rejeitos perigosos; - Tratamento externo dos resíduos perigosos por empresa especializada.	- Normativo: Fiscalização da COVISA (M04)
Eficiência energética	- Lâmpadas de LED; - Calhas espelhadas; - Ar condicionado “A”; - Manutenção de equipamentos.	- Econômico: Reduzir/evitar custos (M10)
Gerenciamento de produtos/reagentes químicos	- Controle do descarte dos reagentes vencidos; - Inventário dos produtos químicos.	- Normativo: Fiscalização da COVISA (M04), - Econômico: 1. Economia da compra de produtos (M13); 2. Evitar o desperdício (M11).
	- Tratamento externo dos produtos vencidos por empresa especializada.	- Normativo: Fiscalização da COVISA (M04)

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Anualmente o laboratório recebe a visita para fiscalização (M04) como requisito à renovação do alvará de funcionamento. Durante a visita, o órgão fiscaliza a estrutura física que deve ser toda compartimentalizada de acordo com as diferentes atividades e certificado anual de calibração dos equipamentos. Além disso, a vigilância fiscaliza diversos documentos e os mesmos ficam organizadas em pastas para fácil acesso, como reportou a técnica de laboratório:

“A gente deixa sempre separado a pasta da COVISA. Quando eles chegam no laboratório eles pedem a lista-mestra para seguir o passo a passo. Na lista contém tudo de documento que existe no laboratório. Os equipamentos, controle de calibração dos equipamentos, curva de calibração, os POPs, vidrarias calibradas, validade dos reagentes, controle dos EPIs. Até os livros

de registros tem que constar um número de identificação que a gente utiliza nas análises, a metodologia. Toda vez que vai renovar o alvará eles vêm para saber se a gente está seguindo as recomendações. Da última vez o questionamento foi a parte física e nós estamos nos adequando” (Técnica de laboratório).

Diante do exposto, pode-se observar uma predominância de práticas motivadas pelo fator normativo. Ações do gerenciamento dos resíduos perigosos e de produtos químicos vencidos foram realizadas por exigências do órgão fiscalizador. Como exemplo, a lista de controle dos rejeitos perigosos, a lista de descarte de produtos químicos vencidos, a sala de expurgo e o tratamento externo por empresa especializada. Para os produtos químicos, o controle mais efetivo foi motivado também pela economia na compra de produtos (M13) assim como evitar o desperdício (M11).

Por outro lado, as ações implementadas para a prática de eficiência energética, como a substituição de lâmpadas antigas pelas de LED, foram ocasionadas apenas pela perspectiva econômica em reduzir as despesas (M10).

4.4 ESTUDO DE CASO 4 – “LAB04”

Esta seção irá apresentar brevemente a caracterização da organização, seguida de uma discussão das práticas ambientais identificadas, assim como do contexto que envolve a implementação observados no Estudo de caso 4.

4.4.1 Breve caracterização da organização

O “LAB04” atua com serviço de controle interno da qualidade da água servida à população realizando análises físicas, químicas e microbiológicas de água e efluentes. Sua demanda anual compreende aproximadamente 3000 amostras. O laboratório conta com uma equipe composta por 9 funcionários: 1 químico, 2 biólogos, 4 técnicos de controle ambiental e 2 auxiliares de laboratório. A estrutura física compreende aproximadamente 100m², divididos em secretaria, laboratório de água (com salas compartimentalizadas de análises físico-químicas e análises microbiológicas), laboratório de efluentes e a sala da coordenação.

4.4.2 Práticas ambientais identificadas

Foram identificadas duas categoriais de práticas ambientais implementadas no

laboratório, a saber: gerenciamento de resíduos e gerenciamento de produtos químicos/reagentes (Quadro 16).

Quadro 16 – Práticas ambientais identificadas no LAB04

Categorias	Práticas
Gerenciamento de resíduos	- Acondicionamento e armazenamento dos resíduos líquidos perigosos (P13).
	- Tratamento externo dos resíduos perigosos por empresa especializada (P11).
	- Segregação e doação dos resíduos sólidos não perigosos para cooperativas e associações de reciclagem (P09).
Gerenciamento de produtos/reagentes químicos	- Identificação de produtos químicos (P23); - Inventário de produtos químicos (P22); - Rastreamento dos produtos por planilhas eletrônicas (P25).
	- Análise em mini escala (P21).
	- Tratamento externo dos produtos químicos vencidos (P11).

Fonte: Elaboração própria em 2019.

O gerenciamento no laboratório se inicia pelo acondicionamento e armazenamento (P23) dos rejeitos líquidos em bombonas pequenas dentro do laboratório. Em seguida, quando completadas o volume máximo, são transferidas para bombonas de 200 litros que ficam armazenadas na área externa ao prédio (casa de resíduos) à espera do recolhimento pela empresa especializada para a realização do tratamento externo (P11). O contrato com a empresa é anual e o recolhimento ocorre semanalmente. Ao final, a empresa emite um certificado comprovando o tratamento realizado.

A última prática citada pelos entrevistados corresponde à segregação dos resíduos (P09) sólidos não perigosos, como garrafas plásticas e vidros. Dessa forma, o laboratório destina esses resíduos realizando a doação para associações e cooperativas de reciclagem.

Para a coordenadora de laboratório, o principal resultado alcançado com a prática de gerenciamento de resíduos consiste na segurança em evitar a contaminação da equipe como também a do meio ambiente:

“O primeiro que eu vejo é evitar o contato dos profissionais com o material contaminado. No setor de trabalho esse é o principal. Evitar a contaminação

cruzada das amostras e a questão de você não contaminar o meio ambiente no geral, como ar, água, solo” (Coordenadora de laboratório).

Relacionado ao gerenciamento dos produtos e reagentes químicos, o laboratório realiza inicialmente a identificação (P23) e quantificação (P22) dos produtos/reagentes. Em seguida, passam para o estoque que fica localizado em uma sala no subsolo do prédio, refrigerada, apresentando todos os produtos separados por incompatibilidade química. Os produtos que estão em uso ficam armazenados em um armário identificado na sala de análises.

O controle e o rastreamento (P25) de todos os produtos e reagentes químicos são feitos por meio de planilhas eletrônicas e impressas contendo as informações dos produtos, as fichas de segurança e o volume utilizado:

“Temos o controle de todos os produtos, com suas fichas de segurança, com o quantitativo no estoque. Nós temos digital, mas como não temos um software para controlar isso, nós temos também o controle impresso, e que todo mês é revisado. Dá baixa daqueles produtos e coloca em uma planilha, olha a validade, o produto quando vence ele sai do estoque e já é separado para o descarte. [...]. Então o controle dos produtos nós temos, nós não temos assim documentado, para seguir uma gestão documentada, um procedimento documentado [...]. Então nossos produtos são todos controlados, são rastreados [...] desde o produto químico concentrado lá no estoque até chegar na bancada para preparar solução e quando ele sai para o descarte ” (Coordenador de laboratório).

Em adição, o laboratório possui alguns documentos que são exigidos para controle dos produtos químicos. Por exemplo, alguns reagentes são fiscalizados pela polícia federal e pelo exército, apresentando a necessidade de autorização desses órgãos para compra:

“Temos também a certificação da polícia federal e do exército para os produtos químicos. Nós já recebemos a visita, no caso a polícia federal eles não vêm, mas nós todos os anos vamos lá renovar a licença [...] Você não compra 1 litro de ácido clorídrico sem passar pelo conhecimento da polícia federal” (Coordenador de laboratório).

Outra prática apontada pelo técnico de laboratório compreende a realização de análise em mini escala (P21). Essa técnica é possível por meio de equipamentos modernos, permitindo uma metodologia que utiliza menos produto químico durante o processo de análise:

“Tem algumas metodologias que tem a questão de equipamentos [...]. Antes era toda uma metodologia mais trabalhosa, gastava mais produtos e agora é leitura direta. Aí hoje reduzimos tanto a quantidade de produtos quanto a geração de resíduos” (Técnico de laboratório).

Como última prática observada durante o processo de gerenciamento de produtos

químicos, ocorre o recolhimento dos produtos vencidos pela empresa especializada para tratamento externo (P11). Assim, os produtos que atingirem o prazo de validade para uso são retirados do estoque ou do armário e separados como rejeito líquido perigoso para serem coletados pela empresa. Nesse caso, a coordenação explicou que ocorre um tipo de contrato extra para os produtos químicos, haja vista que para os rejeitos, já estão incluídos no contrato anual.

Por fim, o controle efetivo dos produtos químicos como o rastreamento, a data de validade e uma maior confiabilidade dos resultados foram os principais benefícios apontados com as práticas do gerenciamento dos produtos/reagentes químicos no laboratório.

4.4.3 Contexto da implementação

O contexto da implementação inclui os fatores facilitadores, as barreiras e os fatores motivadores para implementação das práticas ambientais identificadas e serão discutidos a seguir.

4.4.3.1 Fatores facilitadores

Dentre as categorias identificadas, os recursos humanos e os recursos financeiros foram citados três vezes, seguidos pela empresa especializada, o design da infraestrutura e a tecnologia com uma referência cada (Quadro 17).

Os recursos humanos foram considerados importantes devido ao conhecimento (F07) e a colaboração da equipe (F13) para as práticas de gerenciamento de resíduos e produtos químicos. De fato, o comprometimento dos funcionários é primordial para a continuidade das práticas de gerenciamento no laboratório. Por exemplo, registrar o volume do produto químico retirado, alimentar as planilhas com as informações atualizadas sobre os produtos, e descartar os remanescentes das amostras corretamente. Do mesmo modo, o conhecimento da equipe é essencial para identificação dos produtos químicos, considerada a etapa inicial do gerenciamento dos produtos. Uma identificação errada, efetivamente, pode prejudicar as etapas seguintes.

Quadro 17 – Fatores facilitadores identificados

Categorias	Práticas	Facilitadores
Gerenciamento de resíduos	- Acondicionamento e armazenamento dos resíduos líquidos perigosos.	- Recursos humanos: Conhecimento da equipe (F07).
	- Tratamento externo dos resíduos perigosos por empresa especializada.	- Engajamento dos stakeholders: Empresa especializada de tratamento de resíduos perigosos (F26); - Recursos financeiros: Disponibilidade de orçamento (F16).
	- Segregação e doação dos resíduos sólidos não perigosos para cooperativas e associações de reciclagem.	- Recursos humanos: 1. Colaboração da equipe (F13); 2. Conhecimento da equipe (F07).
Gerenciamento de produtos/reagentes químicos	- Identificação; - Inventário de produtos químicos; - Rastreamento dos produtos por planilhas eletrônicas.	- Recursos humanos: 1. Colaboração da equipe (F13); 2. Conhecimento da equipe (F07).
	- Estoque com produtos separados por incompatibilidade.	- Outros: Espaço físico disponível (F27).
	- Análise em mini escala.	- Recursos financeiros: Disponibilidade de orçamento (F16). - Tecnologia: Equipamento mais moderno (F03).
	- Os produtos químicos vencidos são recolhidos pela empresa especializada.	- Recursos financeiros: Disponibilidade de orçamento (F16).

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Quanto aos recursos financeiros, esse fator é um facilitador por possibilitar a contratação da empresa especializada para realizar o tratamento externo. Nessa perspectiva, foram apontados pelos entrevistados como “apoio da alta administração”. Entretanto, este estudo considera que o apoio citado se refere à questão orçamentária disponibilizada pela organização (F16). Em complemento, esse suporte foi prontamente atendido quando se

apresentou às exigências das normas e as leis vigentes que tratam dos rejeitos perigosos e dos produtos químicos vencidos, conforme observado:

“Sim! Na hora que você coloca a legislação, a norma, que não pode... [...]. Ter o apoio hierarquicamente, do gerente, diretor e os colaboradores. Porque não é fácil você implantar. É tanto que a gente não consegue 100%. [...] O convencimento da justificativa para empresa é pelas normas. Mesmo que você tenha a conscientização ambiental, que o ambiente está sendo prejudicado, que a saúde das pessoas está sendo prejudicada, que está ocorrendo uma contaminação cruzada no ambiente, mas o que leva a empresa a aceitar é seguir as normas” (Coordenador de laboratório).

A empresa especializada (F26) na região configurou um facilitador para dar início ao gerenciamento dos resíduos e produtos químicos vencidos. O laboratório fez uma pesquisa a respeito das empresas disponíveis no mercado e teve a preocupação de se informar qual era regularizada e autorizada para exercer as atividades sem gerar riscos ambientais, conforme evidenciado abaixo:

“ [...] foi ter uma empresa aqui que fizesse, porque nós enviamos um ofício ao IDEMA, para que o IDEMA diga quem preste esse tipo de serviço aqui no estado. Você acha a empresa, mas pensa: será que ela tem todos os documentos? Será que ela leva produto líquido, produto sólido? [...] Só temos uma empresa aqui no estado que incinera resíduo em todas essas classes, classe I, classe II” (Coordenador de laboratório).

O facilitador relacionado ao design da infraestrutura foi associado ao espaço físico disponível (F27) no mesmo prédio do laboratório, apenas localizado no subsolo. Esse facilitador ainda não tinha sido observado em nenhum dos casos bem como na literatura, o que configura um novo facilitador. O local possibilitou a organização do estoque dos produtos por incompatibilidade química, além de garantir a segurança dos produtos pelo armazenamento adequado em prateleiras, como também do meio ambiente por configurar um local seguro.

A tecnologia foi citada como facilitador uma vez que proporciona no mercado equipamentos modernos (F03) que permitem utilizar metodologias mais limpas. Por exemplo, a redução do volume de reagentes ou água destilada durante os procedimentos, assim como a geração de menos resíduos. Além disso, a leitura ocorre de forma direta, o que otimiza o processo de análise em menor tempo. Mais uma vez, foi um fator evidenciado apenas no LAB04, porém já tinha sido reportado pelo estudo teórico.

O conhecimento (F07) sobre metodologias mais limpas possibilitou realizar análise em mini escala, haja vista utilizar significativamente menor volume de reagente para o processo de análise e gerar menos resíduos, quando comparado ao procedimento anterior. Tal fato

diminui o impacto ambiental causado pelo processo de análise. Além disso, a conscientização ambiental dos colaboradores incentivou a segregação dos resíduos sólidos não perigosos e a doação para cooperativas e associações de reciclagem. Essa ação partiu da vontade de destinar corretamente os resíduos e possibilitar uma alternativa de uso, ao invés de ser descartado no lixo comum. O conhecimento da equipe também conduziu ações de identificação, elaborar o inventário dos produtos químicos, além do rastreamento dos produtos por planilhas eletrônicas. A lei nº 12305:2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, respalda que os resíduos perigosos precisam ser gerenciados e tratados de forma correta, conforme explicou o coordenador:

“Primeiro o conhecimento da legislação de que você não pode jogar ele no lixo comum, você tem normas a seguir. Se você toma conhecimento de que você não pode descartar junto com os outros. Então, como é que eu posso descartar? Ah! Tem uma forma correta de descartar! Então a gente foi procurar a forma correta de descartar” (Coordenador de laboratório).

4.4.3.2 Barreiras

Os principais entraves evidenciados compreendem problemas referentes aos recursos humanos, seguidos da gestão e planejamento (Quadro 18).

Quadro 18 – Barreiras identificadas

Categorias	Práticas	Barreiras
Gerenciamento de resíduos	- Acondicionamento e armazenamento dos resíduos líquidos perigosos.	- Recursos humanos: Não ter uma equipe de gestão (B06).
	- Tratamento externo dos resíduos perigosos por empresa especializada.	- Gestão e planejamento: Burocracia interna da organização: licitação (B12)
	- Segregação e doação dos resíduos sólidos não perigosos para cooperativas e associações de reciclagem.	Não evidenciada

Categorias	Práticas	Barreiras
Gerenciamento de produtos/reagentes químicos	- Identificação; - Inventário de produtos químicos; - Rastreamento dos produtos por planilhas eletrônicas;	- Recursos humanos: Falta de uma equipe especializada (B06).
	- Estoque com produtos separados por incompatibilidade.	
	- Análise em mini escala	- Recursos financeiros: Falta de orçamento (B18) para aquisição de equipamento
	- Os produtos químicos vencidos são recolhidos pela empresa especializada.	Não evidenciada

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Apesar dos recursos humanos terem sido citados como um facilitador, também se apresentaram como maior barreira. Especificamente, os problemas abordaram a falta de uma equipe de gestão (B06) para realizar todas as etapas internas do gerenciamento dos resíduos, como segregação, acondicionamento e armazenamento. Em complemento, foi citado que a falta de uma equipe também prejudica ações de educação ambiental, com cursos e treinamentos de capacitação e segurança:

“A dificuldade é ter uma equipe para estar reciclando, capacitando, conscientizando o profissional dos riscos, apresentando as fichas de segurança, que tem que apresentar, a dificuldade de ter uma equipe assim” (Coordenador de laboratório).

Nessa perspectiva, um dos entrevistados declarou que somente ter recursos financeiros não é o suficiente, sendo necessário também dispor de uma equipe para um gerenciamento adequado:

“Para o gerenciamento de resíduos químicos você tem que ter um descarte adequado de acordo com as normas vigentes. Ter um plano de gerenciamento, que isso aí nós ainda estamos buscando. Porque essa parte aí não é fácil. Porque a gente não precisa só de investimento, mas precisamos de uma equipe. Nós tentamos trazendo alunos de nível superior de engenharia química ou química, para juntos começar a elaborar os documentos, mas a gente não teve êxito porque esse grupo vem e passa 4 meses para terminar, e como a gente não tem um número grande de químico, que isso é muito da área do químico, então a gente não consegue. Tem que ser um químico para unidade de água e outro químico para a unidade de esgoto. Então a gente não consegue esse tempo para começar a elaborar esse

documento para gerenciar esses resíduos. Então não seria só a parte financeira, seria também a equipe” (Coordenador de laboratório).

Além disso, a coordenação também mencionou que os trâmites burocráticos como a licitação (B12) prejudicam de certa forma o gerenciamento, pois resulta em morosidade e acaba dificultando a gestão.

Como última barreira mencionada encontra-se a falta de recursos financeiros (B18). Especificamente, foi apontado em relação à aquisição de equipamentos mais modernos capazes de realizar análise em mini escala, porém, possuem um custo bem mais elevado.

4.4.3.3 Motivadores

Os motivadores evidenciados no LAB04 foram relacionados às questões normativas e a gestão e planejamento (Quadro 19).

A ABNT NBR 14725:2017 (M06), que trata informações sobre segurança, saúde e meio ambiente dos produtos químicos, impulsionou a prática de recolher os produtos químicos vencidos pela empresa especializada. A norma reforça o tratamento dos produtos químicos vencidos frente à proteção do meio ambiente.

Do mesmo modo, a Lei nº 12305:2010 (M06), motivou as etapas do gerenciamento de resíduos desde a segregação, caracterização até o tratamento externo. Ações de identificação, inventário de produtos químicos, rastreamento dos produtos por planilhas eletrônicas e estoque com produtos separados por incompatibilidade foram impulsionados por questão de organização (M17) da gestão.

Por fim, a análise em mini escala foi motivada especialmente pela otimização de processos/técnicas/metodologias (M16) que possibilita realizar análises mais rápidas utilizando menos reagentes durante os processos.

Quadro 19 – Fatores motivadores identificados no LAB04

Categorias	Práticas	Motivadores
Gerenciamento de resíduos	- Acondicionamento e armazenamento dos resíduos líquidos perigosos.	- Normativo Seguir a Lei nº 12305/2010 (M05)
	- Tratamento externo dos resíduos perigosos por empresa especializada.	
	- Segregação e doação dos resíduos sólidos não perigosos para cooperativas e associações de reciclagem.	
Gerenciamento de produtos/reagentes químicos	- Identificação; - Inventário de produtos químicos; - Rastreamento dos produtos por planilhas eletrônicas.	- Gestão e planejamento: Organização (M17)
	- Estoque com produtos separados por incompatibilidade.	
	- Análise em mini escala.	- Gestão e planejamento: Otimização de processos/técnicas/metodologias (M16)
	- Os produtos químicos vencidos são recolhidos pela empresa especializada.	- Normativo: Seguir a norma ABNT NBR 14725:2017 (M06).

Fonte: Elaboração própria em 2019.

5 CRUZAMENTO DOS ESTUDOS DE CASO E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta o cruzamento dos quatro estudos de caso relatados no tópico anterior (Seção 4) e aborda uma discussão embasada na comparação dos achados do estudo empírico com o aporte teórico encontrado na revisão sistemática de literatura. A análise cruzada das práticas ambientais e os fatores influenciadores na implementação, os facilitadores, os motivadores e as barreiras serão discutidos.

5.1 ANÁLISE DAS PRÁTICAS AMBIENTAIS

O quadro 20 apresenta as práticas ambientais evidenciadas nos laboratórios. É interessante notar que das 48 práticas ambientais identificadas na revisão de literatura, 24 práticas também foram observadas nos estudos de caso. Ademais, 7 novas práticas foram reportadas no estudo empírico. Logo, 55 práticas no total foram identificadas nos dois estudos.

As práticas mais citadas foram as relacionadas ao gerenciamento de resíduos e produtos químicos. Esses resultados corroboram com os achados da revisão sistemática de literatura em que essas duas categorias foram as mais preponderantes entre as práticas ambientais identificadas. De fato, é comum uma maior atenção aos resíduos (PEREIRA *et al.*, 2014) e produtos químicos (HO; CHEN, 2017) quando o assunto corresponde às ações ambientais em laboratórios químicos.

Quadro 20 – Categoriais e práticas ambientais identificadas

Categorias	Id.	Práticas ambientais	Laboratórios			
			LAB 01	LAB 02	LAB 03	LAB 04
Educação ambiental	P01	Conferências, seminários, cursos e campanhas educativas	NI	NI	NI	NI
	P02	Inserção dos conceitos da química verde na grade curricular	NI	NI	NI	NI
	P03	Incentivo à pesquisa com química verde	NI	PI	NI	NI
	P04	Intercâmbio estudantil	NI	NI	NI	NI
	P05	Fixação de cartazes nas paredes	PI	NI	NI	NI
	P06	Reuniões periódicas com os alunos e monitores sobre conscientização do uso da água e energia	NPI	NPI	NI	NI

Categorias	Id.	Práticas ambientais	Laboratórios			
			LAB 01	LAB 02	LAB 03	LAB 04
Gerenciamento de resíduos	P07	Tratamento interno	NI	NI	NI	NI
	P08	Reutilização e reciclagem de resíduos/solventes	NI	NI	NI	NI
	P09	Segregação/redução na fonte/caracterização dos resíduos/coleta seletiva	PI	PI	PI	PI
	P10	Minimização de resíduos	PI	PI	NI	NI
	P11	Tratamento externo	PI	PI	PI	PI
	P12	Programas de gerenciamento de resíduos	NI	NI	NI	NI
	P13	Acondicionamento e armazenamento adequado de resíduos	PI	NI	PI	PI
	P14	Inventário dos resíduos produzidos	NI	NI	NI	NI
	P15	Gestão centralizada dos resíduos químicos	PI	PI	PI	PI
	P16	Sistema para rastrear resíduos químicos	NI	NI	NI	NI
	P17	Ciclo de melhoria contínua para resíduos	NI	NI	NI	NI
	P18	Recolhimento dos remanescentes das amostras por clientes	NI	PI	NI	NI
	P19	Equipe de gerenciamento de resíduos	PI	PI	NI	NI
	P20	Caderno/lista de controle dos rejeitos perigosos	NPI	NPI	NPI	NPI
Gerenciamento de produtos químicos	P21	Experimentos/análise em mini escala	PI	PI	NI	PI
	P22	Inventário de produtos químicos	PI	PI	PI	PI
	P23	Identificação de produtos químicos	PI	PI	PI	PI
	P24	Reutilização de produtos químicos	PI	NI	NI	NI
	P25	Sistema para rastrear e gerenciar produtos químicos	PI	PI	PI	PI
	P26	Substituição de produto químico menos tóxico	PI	PI	NI	NI
	P27	Intercâmbio de produtos químicos entre os laboratórios ou departamentos	NI	NI	NI	NI
	P28	Planejamento para compras de produtos químicos	PI	PI	PI	PI
Eficiência energética	P29	Equipamentos de economia de energia	NI	PI	PI	NI
	P30	Lâmpadas economizadoras de energia (LED)	PI	PI	PI	NI
	P31	Auditoria em energia	NI	NI	NI	NI
	P32	Desligar os equipamentos e luzes quando não estiverem em uso	NI	NI	PI	NI
	P33	Cronograma diário para refletir o uso de energia	NI	NI	NI	NI
	P34	Exaustor de baixo fluxo	NI	NI	NI	NI
	P35	Energia solar (placas fotovoltaicas)	NI	NI	NI	NI
	P36	Calhas espelhadas	PI	NPI	NPI	NI
	P37	Manutenção preventiva de equipamentos	NI	NI	NPI	NI

Categorias	Id.	Práticas ambientais	Laboratórios			
			LAB 01	LAB 02	LAB 03	LAB 04
Design da infraestrutura	P38	Sistema de resfriamento/aquecimento de ar	NI	NI	NI	NI
	P39	Sistema de ventilação	NI	NI	NI	NI
	P40	Sistema de iluminação / telhado translúcido/vidro	NI	NI	NI	NI
	P41	Planejamento de instalações/espço físico (Projeto de concepção)	NI	PI	PI	NI
Conformidades legais	P42	Monitoramento dos produtos químicos vencidos	PI	PI	PI	PI
	P43	Monitoramento dos resíduos perigosos	PI	PI	PI	PI
Conservação da água	P44	Substituição de equipamento de economia de água	PI	PI	NI	NI
	P45	Sistema de captação da água da chuva	NI	NI	NI	NI
	P46	Programa de conservação de água	NI	NI	NI	NI
	P47	Sistema para reuso da água	NI	NPI	NI	NI
	P48	Planilha de controle do volume de água utilizado	NI	NPI	NI	NI
Gestão e planejamento	P49	Avaliação do ciclo de vida de resíduos	NI	NI	NI	NI
	P50	Manuais de laboratório	NI	NI	NI	NI
	P51	Adoção/Melhorar a política ambiental	NI	NI	NI	NI
	P52	Programas ambientais/SGA	NI	PI	NI	NI
	P53	Planejamento de novos processos químicos/experimentos	NI	PI	NI	NI
	P54	Programa de reciclagem de equipamentos químicos e laboratoriais	NI	NI	NI	NI
	P55	Calibração anual dos equipamentos	NPI	NI	PI	NI

Legenda: PI: Prática identificada / NI: Não identificada / NPI: Nova prática identificada

Fonte: Elaboração própria em 2019.

As práticas mais citadas foram as relacionadas ao gerenciamento de resíduos e produtos químicos. Esses resultados corroboram com os achados da revisão sistemática de literatura em que essas duas categorias foram as mais preponderantes entre as práticas ambientais identificadas. De fato, é comum uma maior atenção aos resíduos (PEREIRA *et al.*, 2014) e produtos químicos (HO; CHEN, 2017) quando o assunto corresponde às ações ambientais em laboratórios químicos.

Um padrão encontrado nos quatro estudos de caso foram os relacionados com a segregação, redução na fonte, caracterização dos resíduos e a coleta seletiva (P09). Essas práticas também foram uma das mais discutidas na literatura, tendo em vista compreender etapas iniciais para um gerenciamento adequado de resíduos, como mostram os estudos de Fagnani e Guimaraes (2017) e Lara *et al.* (2017).

Além disso, as ações de centralização dos resíduos (P15) e o tratamento externo (P11) foi igualmente observada nos quatro laboratórios. Todos os resíduos são concentrados em um local à espera do tratamento externo. Nesse sentido, a incineração demonstrou ser a principal forma de tratar externamente os resíduos. Jardim (1998) observou essa tendência há duas décadas e ainda parece constituir uma das formas mais utilizadas para tratar os resíduos perigosos em laboratórios (MCLEAN *et al.*, 2006). Na pesquisa empírica, a incineração ocorreu por meio de contrato com empresas especializadas, fato também observado nos estudos de Alberguini; Silva; Rezende (2003) e Imbrosi *et al.* (2006).

De forma contrária, o tratamento interno (P07) foi um dos mais citados na RSL (NASCIMENTO; TENUTA E FILHO, 2010, SILVA; MACHADO, 2008). Contudo, não foi observada nenhuma prática correspondente ao tratamento interno durante os estudos de caso. Provavelmente, esses resultados se contrapõe tendo em vista os laboratórios observados na literatura possuírem apenas a finalidade de ensino e pesquisa, o que resulta em um volume significativamente menor quando comparados aos laboratórios prestadores de serviço da pesquisa empírica.

Uma nova prática identificada nessa pesquisa corresponde ao controle dos rejeitos líquidos perigosos por caderno ou lista (P20). Este estudo entendeu que essa prática difere do inventário dos resíduos, tendo em vista que no inventário pode contemplar a quantificação de todos os resíduos (AFONSO *et al.*, 2003). No caso da lista ou caderno, foi elaborada exclusivamente para os rejeitos perigosos, sendo, portanto, considerada como nova prática.

Duas práticas foram comuns apenas no “LAB01” e “LAB02”. As práticas conferem a equipe de gerenciamento de resíduos (P19) e a minimização dos resíduos (P10). Provavelmente por esses laboratórios serem localizados em instituições de ensino, apresentam maior volume e diversidade dos resíduos, o que demanda maior necessidade de pessoas na gestão, formando a equipe para tal finalidade. Além disso, compreendem uma área mais extensa comparados aos outros dois casos. Quanto à minimização dos resíduos, foram apontadas por realizarem metodologias mais limpas utilizando menos produtos e reagentes, o que, por conseguinte, gera menos resíduos.

Quanto às práticas do gerenciamento de produtos químicos, quatro práticas foram

evidenciadas empiricamente nos estudos, a saber: inventários de produtos químicos (P22), etiquetas de identificação (P23), sistema para rastrear e gerenciar os produtos (P25) e o planejamento da compra dos produtos e reagentes (P28). As etiquetas de identificação foram umas das práticas mais citadas na literatura e representam uma etapa primordial para iniciar o gerenciamento adequado (JARDIM, 1998). Além disso, foi apontada pelos entrevistados por auxiliar na separação dos produtos por compatibilidade química, fato também encontrado nos estudos de Lara *et al.* (2017) e Ho e Chen (2018).

O inventário dos produtos (P22) foi a segunda prática mais mencionada na pesquisa teórica (GIBBS, 2006; SANTOS *et al.*, 2011) e também expressiva nos quatro estudos de caso. Os entrevistados apontaram que essa prática contribui para o rastreamento assim como a organização dos produtos. Consequentemente, auxilia no planejamento de novas compras (P28), tendo em vista que possibilita informações do prazo de validade e volume disponível de produtos. Esses resultados foram também confirmados na pesquisa de GILES (2010) que ainda acrescentou a possibilidade de inserir dados com as características dos produtos e a visualização atualizada das informações por todos que possuem acesso ao sistema.

Os experimentos/análise em mini escala (P21) foram encontrados em três casos, não sendo contemplado apenas no “LAB03”. Na revisão de literatura foi a prática mais mencionada quando referente ao gerenciamento de produtos químicos, como os estudos de Wargniez, Oleas e Yamaguchi (2012) e Goodwin (2004).

Os “LAB01” e “LAB02” representam laboratórios de ensino, pesquisa e extensão. Esse ambiente acadêmico retrata um contexto com avanços científicos na busca por metodologias mais limpas, estando mais próximos do conhecimento e técnicas da química verde (HOURI; WEHBE, 2003). Já o “LAB04”, apesar de ser uma organização de controle interno da qualidade, realiza também a análise em mini escala. Tal fato pode ser compreendido pela coordenadora técnica responsável do laboratório possuir doutorado em química, o que conduz conhecimento e metodologias mais modernas para o local.

Os “LAB01” e “LAB02” realizam as práticas de substituição de produtos menos tóxicos (P26), também observado nas pesquisas de Nascimento e Tenuta Filho (2010) e Fagnani e Guimarães (2017). Novamente, foram práticas comuns aos dois laboratórios da área acadêmica. Goodwin (2004) sustenta esse resultado por compreender que a utilização de alternativas menos agressivas ao meio ambiente é condizente com os preceitos da química verde, temática mais enfatizada no ambiente educacional. Ademais, o “LAB01” ainda reutiliza os produtos químicos (P24) vencidos nas aulas práticas. Por fim, nenhuma prática nova foi identificada no estudo empírico no tocante ao gerenciamento dos produtos químicos.

Referente às práticas de eficiência energética, duas novas práticas foram observadas: o uso de calhas espelhadas (P36) (“LAB01”, “LAB02” e “LAB03”) e a manutenção preventiva de equipamentos (P37) (“LAB03”). Os resultados demonstram práticas ainda simples diante das possibilidades apresentadas com os achados da RSL. A ação mais frequente observada, com exceção do “LAB04”, foi a utilização de lâmpadas economizadoras de energia (LED). Por outro lado, na literatura os laboratórios buscam a eficiência energética com a utilização de equipamentos que consumam menos energia (P29), como mostraram as pesquisas de Kilkis (2017) e Kaplowitz *et al.* (2012). O “LAB03” ainda citou que os colaboradores têm a atenção em desligar os equipamentos e luzes quando não estão em uso (P32).

Na visão da educação ambiental, as práticas só foram verificadas nos dois laboratórios localizados nas instituições de ensino (“LAB01” e “LAB02”). Já se presumia uma maior frequência de ações nesses laboratórios justamente pelo contexto de instituições de ensino promover o conhecimento e a conscientização ambiental. Todavia, era esperado identificar práticas simples nos outros dois laboratórios (por exemplo, fixação de cartazes para conscientizar o uso da água e da energia), porém, não foi observado.

O “LAB01” e “LAB02” promove mais enfaticamente a educação ambiental por meio de discussões e reuniões com os alunos, monitores e frequentadores do laboratório (P06). Destaca-se que essa prática foi identificada apenas na pesquisa empírica, representando uma nova possibilidade para ser implementada em outros laboratórios. O “LAB01” utiliza ainda cartazes fixados nas paredes (P05) estimulando a consciência ambiental acerca do consumo de água e energia dos alunos e colaboradores. Sob outra vertente, o “LAB02” incentiva os alunos com pesquisas e experimentos que englobam a química verde (P03), o que contempla o uso de experimentos com menor volume de produto, reagentes menos tóxicos, bem como a geração de menos resíduos perigosos para o meio ambiente.

No tocante à conservação da água, mais uma vez os laboratórios acadêmicos ficaram à frente dos outros, haja vista que apenas eles realizaram ações com essa finalidade. Nessa perspectiva, a tendência observada constitui o uso de equipamentos de economia de água (P44), também condizentes entre os mais relevantes achados na RSL para essa prática (TAVARES; BENDASSOLLI, 2005; KILKIS, 2017). O equipamento citado pelos “LAB01” e “LAB02” foi o purificador de água que não desperdiça o solvente como os equipamentos destiladores, além de ainda produzir água de melhor qualidade. Em complemento, o “LAB02” também apresentou duas novas práticas. A primeira, faz referência ao reuso da água (P47) das pias do banheiro para utilizar nos vasos sanitários. A segunda, compete a um controle por meio de planilhas quanto ao registro do volume retirado de água dos

equipamentos (P48).

As práticas relacionadas à gestão e planejamento foram encontradas em três casos. O “LAB02” iniciou a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) (P52) e o planejamento de novos experimentos (P53) sempre buscando metodologias mais limpas. O “LAB01” e o “LAB03” realizam a calibração anual de todos os equipamentos (P55). Enfatiza-se que essa prática não tinha sido observada na revisão de literatura.

Quanto as conformidades legais, um padrão encontrado nos “LAB01”, “LAB03” e “LAB04” foi o monitoramento dos resíduos (P43) que é comprovado pelo certificado de tratamento externo dos resíduos perigosos e o monitoramento dos produtos químicos (P42) por meio do documento de descarte dos produtos químicos vencidos. Esses documentos apresentaram ser as únicas exigências do órgão fiscalizador (COVISA) nos laboratórios estudados. O “LAB02”, apesar de enviar para tratamento externo os resíduos perigosos (incluindo os produtos químicos vencidos), não dispõe do documento comprobatório. A responsabilidade de resguardar compete ao Departamento de Meio Ambiente, o qual centraliza todos os resíduos da instituição e trata diretamente com a empresa especializada.

Por fim, a última prática identificada corresponde ao design da infraestrutura e foi observada nos “LAB02” e “LAB03”. Nos dois casos, foram compatíveis com ações de planejamento do espaço físico (P41). Para o “LAB02”, a estrutura foi toda planejada para construção do prédio e contemplou um sistema de captação para reuso da água. Já para o “LAB03”, o planejamento foi especificamente para compartimentalizar as salas de acordo com as finalidades, por exemplo: salas de análises, de esterilização e a de expurgo.

5.2 ANÁLISE DOS FATORES FACILITADORES

O quadro 21 apresenta os facilitadores evidenciados nos laboratórios. Foram identificados 22 facilitadores na revisão sistemática de literatura e 7 desses também ocorreram nos estudos de caso. Em adição, 5 novos fatores facilitadores foram ainda encontrados na pesquisa empírica. Assim, um total de 27 facilitadores divididos em cinco categorias foram elencados e serão discutidos a seguir.

Quadro 21 – Fatores facilitadores para difusão das práticas ambientais

Categorias	Id.	Facilitadores	Laboratórios			
			LAB01	LAB02	LAB03	LAB04
Tecnologia	F01	Sistema de informação por softwares na web	NI	NI	NI	NI
	F02	Inovação na pesquisa/experimentos	NI	NI	NI	NI
	F03	Equipamentos modernos	FI	FI	NI	FI
Recursos humanos	F04	Treinamentos	NI	NI	NI	NI
	F05	Especialista/Equipe técnica/Comissão	FI	FI	NI	NI
	F06	Apoio da alta administração	FI	FI	NI	FI
	F07	Conhecimento	FI	FI	FI	FI
	F08	Envolvimento/colaboração dos alunos	FI	FI	NI	NI
	F09	Incentivo à pesquisas e experimentos em química verde	NI	FI	NI	NI
	F10	Integração/Boa relação com os departamentos	NI	NI	NI	NI
	F11	Mudança de comportamento e atitudes	NI	NI	NI	NI
	F12	Influência dos docentes e pesquisadores	NI	NI	NI	NI
	F13	Colaboração da equipe/ coordenadores	NFI	NFI	NFI	NFI
Disponibilidade de recursos financeiros	F14	Alternativas de baixo custo/manutenção	NI	NI	NI	NI
	F15	Apoio do governo, fundações e agências de fomento	NI	NI	NI	NI
	F16	Disponibilidade de orçamento da instituição	FI	FI	FI	FI
	F17	Empresa financiadora	NI	NFI	NI	NI
Estratégia	F18	Cultura organizacional	NI	NI	NI	NI
	F19	Estabelecimento de planos e metas	NI	NI	NI	NI
	F20	Melhoramento contínuo	NI	NI	NI	NI
	F21	Políticas	NI	NI	NI	NI
	F22	Contrato com clientes	NI	NFI	NI	NI
Engajamento dos Stakeholders	F23	Governo	NI	NI	NI	NI
	F24	Sociedade	NI	NI	NI	NI
	F25	Indústria	NI	NI	NI	NI
	F26	Empresa especializada de tratamento de resíduos perigosos	NFI	NFI	NFI	NFI
Outros	F27	Estrutura física	NI	NFI	NI	NFI

Legenda: FI: Facilitador identificado / NI: Não identificado / NFI: Novo facilitador identificado

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Os principais facilitadores apontados no estudo de caso correspondem também aos mais relevantes no estudo teórico. Os recursos humanos se configuram como fator dominante para implementação de práticas ambientais em laboratórios químicos. A colaboração da equipe, dos alunos e coordenadores (F13) foi evidenciada empiricamente como sendo uma nova prática, não identificada anteriormente na literatura.

Também igualmente citado, foi criar uma equipe especializada/técnica/comissão (F05) responsável pela gestão de resíduos ou produtos químicos (GIBBS, 2005, IMBRIOSI *et al.*, 2006). Esse fator foi mencionado nos estudos de caso, contudo, apenas para os laboratórios das instituições de ensino (“LAB01” e “LAB02”). Nos dois laboratórios, a principal função da equipe é exatamente contribuir para um gerenciamento dos resíduos e produtos químicos de forma mais satisfatória.

O treinamento (F04), entretanto, não foi apontado como facilitador por nenhum dos laboratórios estudados. Por outro lado, o conhecimento (F07) científico da equipe foi considerado pelos laboratórios “LAB01” e “LAB02” como um importante facilitador para realizar metodologias mais limpas. O conhecimento foi associado a uma vertente mais técnica para os “LAB03” e “LAB04” por contribuir para realização da identificação, acondicionamento ou armazenamento dos resíduos sólidos e líquidos.

É importante frisar que para o estudo teórico, o termo ‘conhecimento’ foi atrelado à equipe especializada/comissão, por competir as pessoas o discernimento e as habilidades necessárias para conduzir as práticas (GIBBS, 2006, KILKIS, 2017, ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003). Ou seja, a partir do momento que se tem uma especialidade técnica em algo, presume-se que existe o conhecimento prévio para tal função. Dessa forma, pode-se inferir que o conhecimento alinhado a uma equipe técnica/especialista contribui para a difusão das práticas.

O apoio da alta administração (F06) e o envolvimento/colaboração dos alunos (F08) foi evidenciado como influenciador para os “LAB01” e “LAB02”. O apoio da alta gestão refere-se especialmente pela instituição apoiar as ações concernentes às questões ambientais e mover esforços para contribuir com os custos. A respeito do envolvimento/colaboração dos alunos (F08), o “LAB01” considera importante para cumprir as etapas do gerenciamento de resíduos e produtos químicos. De outro modo, para o “LAB02” foi relacionado às inovações com pesquisas e experimentos (F09) voltados para química verde.

No tocante aos recursos financeiros, a disponibilidade de orçamento (F16) foi outro padrão encontrado nos estudos empíricos. Esse fator foi visto como fundamental para arcar com custos e despesas necessárias para implementação e manutenção das práticas, tais como a

aquisição de lâmpadas (LED), de bombonas, dos equipamentos, compra de produtos químicos, contrato com a empresa especializada, por exemplo.

Para os “LAB01” e “LAB02”, a disponibilidade do orçamento (F16) advém do planejamento anual que integra os investimentos da instituição. Tal realidade também foi observada nos estudos de Leite, Alcântara e Afonso (2008), McLean *et al.* (2006) e Tavares e Bendassolli (2005) que apontaram a importância do investimento para a realização das ações de educação ambiental, gerenciamento de produtos e resíduos químicos. Em contrapartida, na literatura os resultados se contrapõe com os do estudo empírico, tendo em vista que os principais recursos financeiros resultam do apoio governamental, fundações e agências de fomento (F15) (WOOLLIAMS; LLOYD; SPENGLER, 2005, KAPLOWITZ *et al.*, 2012, WARGNIEZ; OLEAS; YAMAGUCHI, 2012). A empresa financiadora (F17) foi um fator relevante apenas para o “LAB02”. O investimento aplicado pela empresa possibilitou a realização do sistema de captação da água para o reuso.

Quanto ao engajamento dos *stakeholders*, a empresa especializada no tratamento externo dos resíduos perigosos foi observada como uma nova prática além de ter sido um padrão entre os casos. Esse *stakeholder* externo foi mencionado pelos quatro laboratórios estudados como o principal fator para dar início ao gerenciamento correto dos resíduos perigosos, neles incluído os produtos químicos vencidos. Na pesquisa empírica, os quatro laboratórios esclareceram que antigamente a falta de uma empresa especializada foi um problema para dar início ao gerenciamento dos resíduos e produtos químicos. Esse fato pode ter ocorrido de uma situação regional, onde os estudos que compreenderam a RSL realizados no Brasil abrangeram apenas a região sul e sudeste do país. Diante disso, acredita-se que nessas localidades o número de empresas atende às demandas das universidades. Esse fato foi possível compreender em virtude dos “LAB01” e “LAB02” afirmarem que as antigas empresas que recolhiam seus resíduos eram das regiões sul e sudeste do país, o que resultava em coletas realizadas apenas uma vez ao ano, causando o acúmulo de resíduos perigosos e aumentando o passivo ambiental nesses locais. Não obstante, na pesquisa teórica, estudos relataram o tratamento externo dos resíduos perigosos por meio de uma empresa especializada (IMBRIOSI *et al.*, 2006, FAGNANI; GUIMARÃES, 2017). Todavia, nenhum deles esclareceu, de modo evidente, que a empresa era um facilitador para tal prática.

Dentro da categoria da tecnologia, apenas os equipamentos modernos configuraram um facilitador para todos os laboratórios, com exceção do “LAB03”. Esses equipamentos possibilitam melhorias nos processos de análises como a redução do volume de reagente ou produto químico (mini escala), como também otimiza o tempo de leitura do resultado por

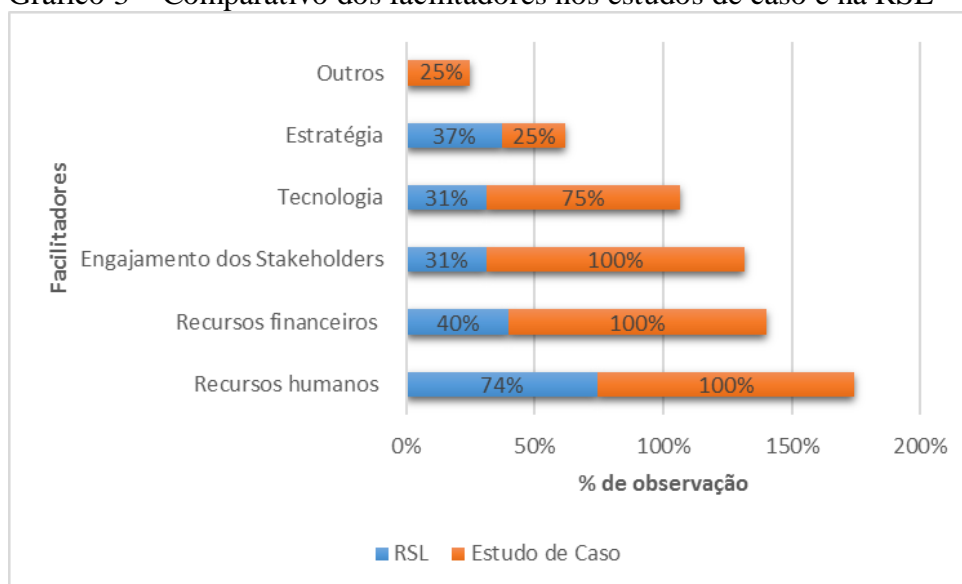
ocorrer de maneira direta. Em contraponto, esse resultado não foi similar ao encontrado na literatura em que sistemas de informação por softwares representaram, de maneira expressiva, como principais facilitadores de ordem tecnológica (GILES, 2010, SANTOS *et al.*, 2011).

O último facilitador foi reconhecido pelo estudo empírico e foi concernente ao espaço físico existente disponível. Por destoar das outras categorias, foi inserido como “Outros”. Esse fator foi citado pelo “LAB04” e possibilitou a organização e o controle do estoque de produtos químicos de forma adequada, em local refrigerado e seguro, o que, por conseguinte, equivalem às ações verdes (MCLEAN *et al.*, 2006).

Comparando os resultados dos estudos de caso com a RSL (Gráfico 3) pode-se inferir que efetivamente os recursos humanos são os facilitadores chave para implementar e manter as práticas ambientais nos laboratórios químicos. Com um total de 35 artigos selecionados para a RSL, 26 deles reconheceram os recursos humanos como facilitadores, o que representa 74% dos estudos. Do mesmo modo, na pesquisa empírica, os quatro laboratórios estudados apontaram os recursos humanos como categoria mais favorável para implementação das práticas, configurando 100% dos casos. Assim, a mesma lógica de cálculo foi empregada para os outros fatores.

Apenas as ações estratégicas e outros facilitadores (F28) não seguiram a mesmo grau de relevância para as duas pesquisas. Recursos humanos, recursos financeiros, engajamento dos *stakeholders* e a tecnologia representam padrões com mesmo nível de influência tanto no estudo teórico quanto no empírico. Assim, pode-se inferir que os resultados empíricos confirmam os achados na RSL.

Gráfico 3 – Comparativo dos facilitadores nos estudos de caso e na RSL



Fonte: Elaboração própria em 2019.

5.3 ANÁLISE DAS BARREIRAS

O quadro 22 apresenta as barreiras identificadas nos laboratórios. A revisão sistemática de literatura relevou 12 barreiras para laboratórios químicos, dentre elas 7 foram comuns ao estudo empírico. Além disso, 7 novas barreiras foram identificadas nos estudos de caso. Isso representa um total de 19 barreiras identificadas nos dois estudos.

Quadro 22 – Barreiras que dificultam a implementação das práticas ambientais

Categorias	Id.	Barreiras	Laboratórios			
			LAB 01	LAB 02	LAB 03	LAB 04
Recursos humanos	B01	Difundir informações/conhecimento	NI	NI	NI	NI
	B02	Rotatividade de pessoas / Treinamento de novas pessoas	NI	BI	NI	NI
	B03	Falta de conhecimento	BI	NI	NI	NI
	B04	Resistência à mudança	NI	BI	NI	NI
	B05	Quantidade de pessoas e a diversidade de tarefas	BI	NI	NI	NI
	B06	Falta de uma equipe especializada	NI	NI	NI	BI
	B07	Falta de comprometimento	NBI	NBI	NI	NI
	B08	Falta de conscientização	NBI	NI	NI	NI
	B09	Falta de apoio institucional	NI	NI	NI	NI
Gestão e planejamento	B10	Identificação das partes interessadas	NI	NI	NI	NI
	B11	Ausência de uma política de gestão	NI	NI	NI	NI
	B12	Burocracia, licitação	NI	NBI	NI	NBI
	B13	Materiais fora do padrão esperado	NBI	NI	NI	NI
	B14	Ausência de regras	NI	NI	NI	NI
	B15	Gestão descentralizada	NI	NI	NI	NI
	B16	Falta de materiais e equipamentos compatíveis com os processos	NBI	NI	NI	NI
	B17	Falta de planejamento de compras	NBI	NI	NI	NI
Recursos financeiros	B18	Falta de orçamento	BI	BI	NI	BI
Validação de metodologias	B19	Limitação de técnicas/metodologias validadas para realizar análises mais limpas	NI	NBI	NI	NI

Legenda: BI – Barreira identificada / NI – Não identificada / NBI – Nova barreira identificada

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Na pesquisa teórica, a maior dificuldade foi associada pela falta de conhecimento (B03) das pessoas, conforme já discutido anteriormente². Somente para o “LAB01”, a falta de conhecimento foi evidenciada como problema, especificamente pela equipe não saber como reaproveitar todos os resíduos. Além disso, o laboratório citou que a quantidade de pessoas e a diversidade de tarefas (B05) atrapalham a implementação de novas ações ambientais devido à demanda de atividades rotineiras. Essa observação também foi apresentada de forma semelhante por Pereira et al. (2014) e Kaplowitz et al. (2012). A falta de conscientização (B08) das pessoas envolvidas, a compra de materiais fora do padrão esperado (B13) e a falta de materiais e equipamentos compatíveis com os processos (B16) para realizar análises em mini escala foram os entraves pontuais para o “LAB01”.

Para o “LAB02”, a transição de pessoas (B02), a resistência à mudança (B04) de comportamento dos frequentadores e a limitação de técnicas validadas (B18) representaram as barreiras particulares. De outra forma, o “LAB04”, além das barreiras padrão que foram já citadas, relatou também a falta de uma equipe especializada (B06). A equipe poderia contribuir na gestão dos resíduos e produtos químicos, haja vista que o laboratório precisa da colaboração de todos os funcionários para efetuar as etapas do gerenciamento.

A falta de comprometimento das pessoas (B07) e a burocracia devido às licitações (B12) foram barreiras evidenciadas em mais de um laboratório. A falta de comprometimento foi apontada pelos “LAB01” e “LAB02”. Tal realidade pode ser observada mediante o número elevado de alunos que frequentam os laboratórios. Além disso, pode ainda ser relacionado a responsabilidade individual e coletiva das atividades do laboratório. Para os outros dois laboratórios “LAB03” (empresa privada) e “LAB04” (empresa de controle interno de qualidade), por se tratar tão somente de laboratórios prestadoras de serviço, esse problema não foi evidenciado, muito provavelmente, devido ao vínculo empregatício. Nessa lógica, as pessoas envolvidas tendem a ser mais comprometidas e responsáveis com as atribuições e, conseqüentemente, nas etapas e procedimentos estabelecidos pela alta administração. Referente aos trâmites burocráticos (B12), somente os “LAB02” e “LAB04” que remeteram essa dificuldade em virtude da morosidade das licitações dificultando de certa maneira a gestão. O “LAB01”, apesar de necessitar também de licitações, não apontou esse problema.

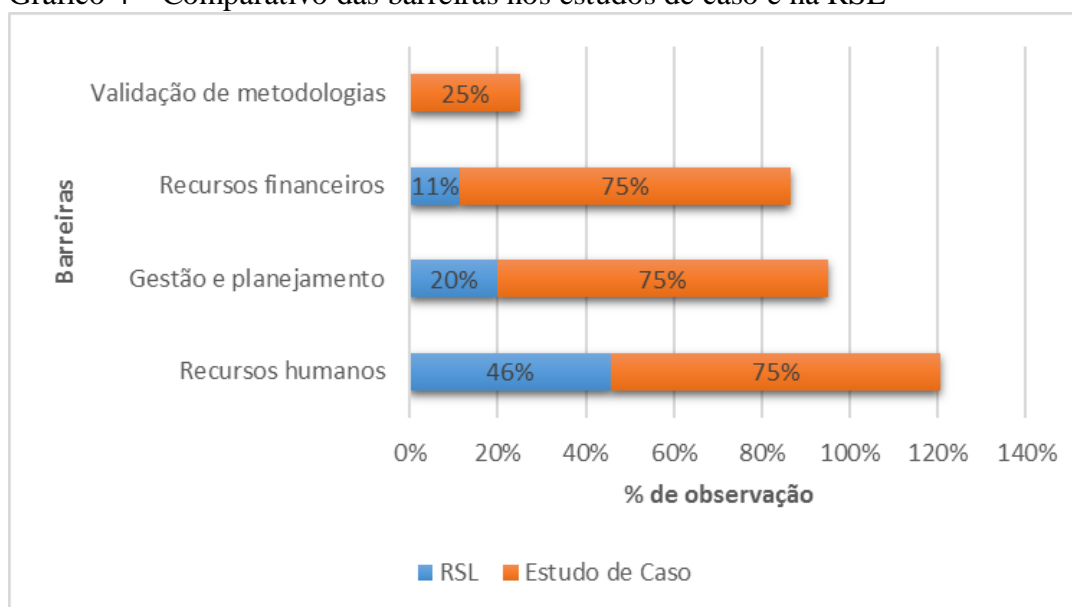
O “LAB02” ainda citou uma nova barreira referente à validação de metodologias reportando dificuldades em comprovar cientificamente novos procedimentos válidos para a área da química. Essa barreira é mais comumente observada para as práticas do

² Ver seção 2.2.2.5.1, pág. 45.

experimento/análises em mini escala (P21) e substituição de produtos químicos menos tóxicos (P26).

Por fim, realizando uma análise comparativa (Gráfico 4) entre as barreiras do estudo teórico e empírico pode-se observar que os recursos humanos, com a gestão e planejamento e os recursos financeiros foram tendências equivalentes com mesmo grau de representatividade nas duas abordagens de pesquisas. Logo, os resultados empíricos das barreiras confirmam o mesmo critério de concepção encontrado pelas pesquisas do estudo teórico.

Gráfico 4 – Comparativo das barreiras nos estudos de caso e na RSL



Fonte: Elaboração própria em 2019.

5.4 ANÁLISE DOS MOTIVADORES

O quadro 23 mostra os motivadores identificados em laboratórios químicos. A RSL demonstrou 12 motivadores, sendo 5 desses em comum pelos estudos empírico e teórico. Em adição, 7 novos motivadores foram observados nos estudos casos. Assim, 19 motivadores no total foram identificados.

Quadro 23 – Fatores motivadores que estimulam a implementação das práticas ambientais

Categorias	Id.	Motivadores	Laboratórios			
			LAB 01	LAB 02	LAB 03	LAB 04
Miméticos	M01	Temática que vem sendo discutida	NI	NI	NI	NI
	M02	Resultados positivos de outras instituições	NI	NI	NI	NI
Normativos	M03	Regras e regulamentos	NI	NI	NI	NI
	M04	Fiscalização	NI	NI	MI	NI
	M05	Legislação	NI	NI	NI	MI
	M06	Normas e Resoluções	MI	MI	NI	MI
Coercitivos	M07	Governo	NI	NI	NI	NI
	M08	Sociedade	NI	NI	NI	NI
	M09	Clientes	NI	NMI	NI	NI
Econômico	M10	Reduzir/evitar custos	MI	MI	MI	NI
	M11	Evitar o desperdício	NMI	NMI	NMI	NI
	M12	Custo-benefício das análises	NI	NMI	NI	NI
	M13	Economia na compra de produtos	NI	NMI	NMI	NI
Gestão e planejamento	M14	Responsabilidade institucional	NI	NI	NI	NI
	M15	Melhoria do ensino	NI	NI	NI	NI
	M16	Otimização de processos/técnicas/metodologias	MI	MI	NI	MI
	M17	Organização	NMI	NMI	NMI	NMI
	M18	Cultura organizacional	NMI	NI	NI	NI
	M19	Gestão da qualidade	NMI	NI	NI	NI

Legenda: MI – Motivador identificado / NI – Não identificado / NMI – Novo motivador identificado

Fonte: Elaboração própria em 2019.

No viés normativo, a legislação (M05) foi citada somente pelo “LAB04” e se referiu à Lei nº12305/2010 para resíduos sólidos. Já o “LAB02” foi motivado implementar ações devido às normas e resoluções (M06) como a Resolução CONAMA nº 430, assim como os “LAB01” e “LAB04” pela Norma ISO/IEC 17025. O “LAB03” é o único que recebe a fiscalização anual da COVISA. Supostamente por isso se apresentou mais organizado aos

demais devido cumprir às exigências impostas pelo órgão fiscalizador. De fato, é uma tendência comum em instituições com fins lucrativos serem fiscalizados mais efetivamente (HO; CHEN, 2018). De modo oposto, os outros laboratórios não recebem fiscalização e isso pode representar mais problemas. Na literatura, os maiores motivadores corresponderam às regras e regulamentos (M03) que as organizações estabeleceram para seguir firmemente às exigências da *Environmental Protection Agency* (EPA) ou *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), por exemplo (WARGNIEZ; OLEAS; YAMAGUCHI, 2012, WOOLLIAMS; LLOYD; SPENGLER, 2005, GILES, 2010).

Algumas práticas foram impulsionadas pela perspectiva econômica em reduzir/evitar custos (M10) (“LAB01”, “LAB02” e “LAB03”). Três novos motivadores ainda foram identificados. O custo-benefício das análises (M12) pelo “LAB02”, correspondeu à prática de produtos químicos no tocante à utilização de menos reagentes durante as análises (mini escala) (P21). Isso possibilitou a redução dos valores cobrados aos clientes, além da economia na compra de novos produtos, uma vez que possibilita a utilização de todo volume em um maior período de tempo. Quanto a evitar o desperdício (M11), os “LAB01”, “LAB02” e “LAB03” apontaram que esse motivador estimulou melhorias nos processos da prática de planejamento de compras dos produtos (P28). Tal fato esteve relacionado a muitos produtos terem sido descartados, mesmo fechados, em razão de perder a utilidade pelo término da pesquisa ou ainda devido a exceder o prazo de validade.

Além disso, para o “LAB01” ainda incentivou a implantação da prática de reutilização de produtos químicos (P24) vencidos nas aulas. Da mesma forma, a economia na compra de produtos (M13) proporcionou melhorias para os “LAB02” e “LAB03” com relação à prática de planejamento de compras dos produtos (P28), na medida em que estimula o controle mais efetivo do volume utilizado e, por consequência, na economia de custos com a compra de produtos em excesso.

Na categoria de motivadores coercitivos, somente foi identificado os clientes (M09), configurando um novo motivador pelo “LAB02”. Esse motivador corresponde a um cliente fixo do laboratório e impulsionou duas práticas como o gerenciamento de rejeitos perigosos, especialmente exigindo o tratamento externo, assim como a implantação de um SGA no local para melhorar com os cuidados ambientais em decorrência das atividades que o laboratório realiza.

A última categoria de motivadores corresponde à gestão e planejamento. Nesse contexto, a otimização de processos/técnicas/metodologias (M16) foi citado pelos “LAB01”, “LAB02” e “LAB04” e faz alusão às possibilidades de implementar e modernizar os

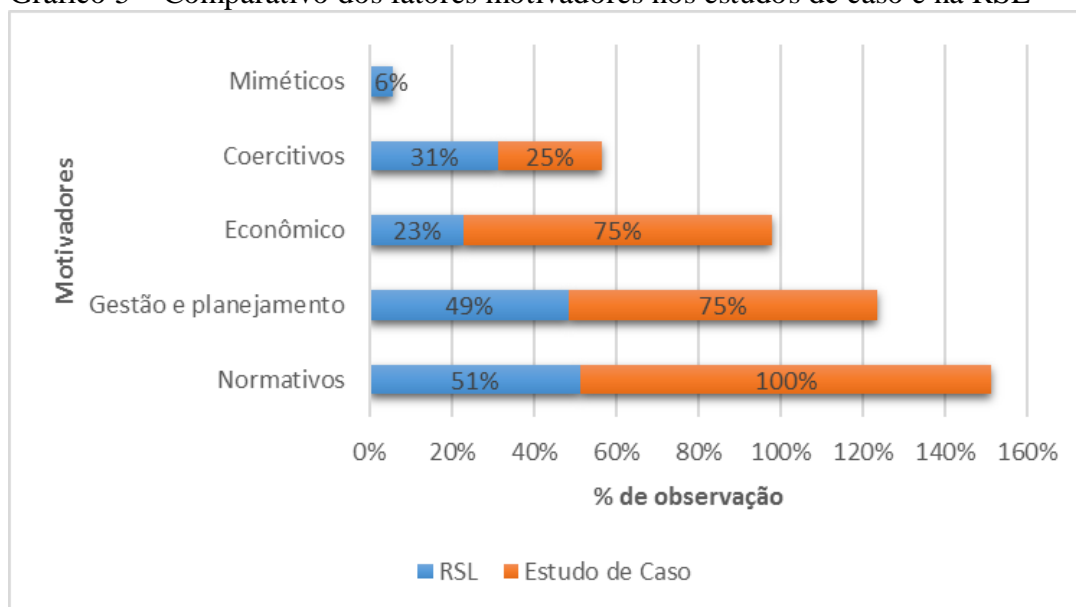
processos de análises com procedimentos menos agressivos ao meio ambiente, como a substituição de produtos menos tóxicos (P26) e análise/experimento em mini escala (P21). Essa concepção também foi percebida pelos estudos de Benatti, Tavares e Guedes (2006), Alves *et al.* (2005), Kuo *et al.* (2011). Como novos motivadores identificados, segue a organização (M17) representando um padrão encontrado nos quatro casos para o controle dos produtos químicos. Especificamente, esse motivador estimulou a implantação das práticas de inventário de produtos químicos (P22), etiquetas de identificação para produtos (P23), sistema para rastrear produtos (P25) e o planejamento de compras de produtos (P28).

O “LAB01” ainda reportou dois novos motivadores estimulados pela cultura organizacional (M18) para a implementação das práticas de educação ambiental como a fixação de cartazes nas paredes (P05) e reuniões periódicas com os alunos e monitores sobre conscientização do uso da água e energia (P06). Além disso, o “LAB01” ainda citou que a gestão da qualidade (M19) fomentou os processos de calibração anual dos equipamentos (P55).

Finalmente, as principais categorias de motivadores que impulsionam a implementação das práticas ambientais possuem uma vertente normativa, seguidas pela gestão e o planejamento (Gráfico 5). Nessa perspectiva, os resultados do estudo empírico sustentam as informações encontradas pela revisão sistemática de literatura. Contudo, os fatores econômicos foram mais preponderantes nos estudos de caso do que na RSL, em que considerou como terceiro motivador mais influenciador as pressões coercitivas como o governo (M07) e a sociedade (M08).

Por sua vez, os motivadores miméticos só foram apresentados na RSL, especialmente quando as instituições tomaram a iniciativa de implementar práticas estimuladas pela temática ambiental ser uma frequente pauta em discussões (M01) no âmbito científico, assim como os resultados positivos de outras instituições (M02) demonstrando a viabilidade na realização das ações ambientais no âmbito acadêmico. Indutivamente, mediante os resultados do estudo empírico, ainda não se tem conhecimento de um laboratório modelo com práticas ambientais estabelecidas (além do gerenciamento de resíduos e produtos químicos) para que possa motivar outros laboratórios seguirem suas ações.

Gráfico 5 – Comparativo dos fatores motivadores nos estudos de caso e na RSL

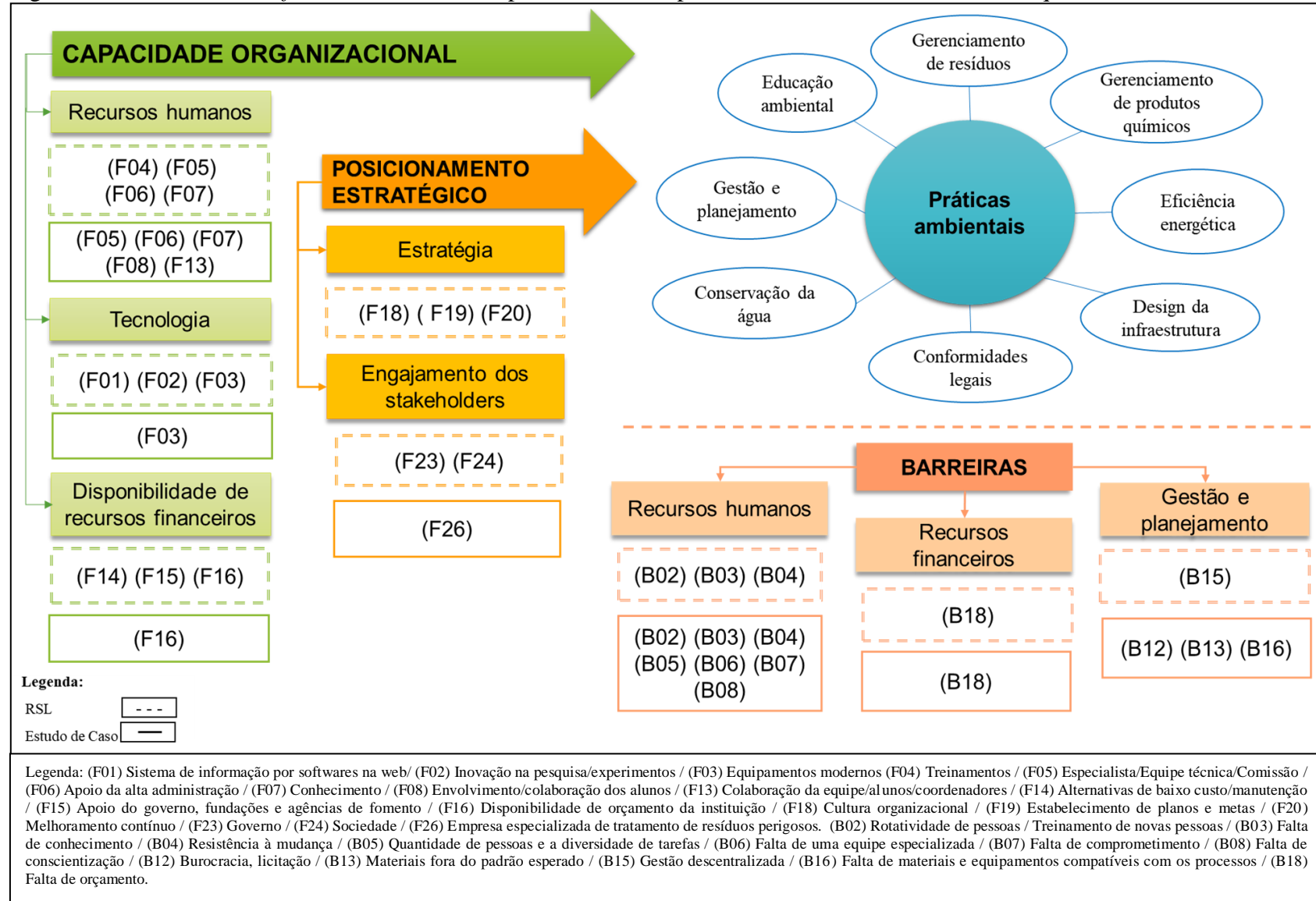


Fonte: Elaboração própria em 2019.

5.5 REFINAMENTO DO *FRAMEWORK* CONCEITUAL

Baseado nos achados da revisão sistemática de literatura e do estudo empírico (Quadros 20, 21, 22 e 23), uma interpretação mais ampla das práticas ambientais e como elas são implementadas são apresentadas na Figura 4. O modelo conceitual seguiu as concepções identificadas no estudo teórico e foram validadas pelo estudo empírico por meio dos fatores facilitadores e as barreiras para implementação das práticas ambientais em laboratórios químicos.

Figura 4 – Refinamento do *framework* conceitual para difusão das práticas ambientais em laboratórios químicos



Fonte: Elaboração própria em 2019.

O refinamento do *framework* conceitual teve como principal objetivo sintetizar as informações interpretadas com os achados da revisão sistemática de literatura e dos estudos de caso para que possam ser aplicáveis. Esse modelo descreve as relações determinantes entre as práticas ambientais e os fatores influenciadores para sua implementação, bem como as barreiras que devem ser superadas. A análise observada demonstrou que os caminhos que direcionam a implementação das práticas ocorrem por duas dimensões, sendo elas a capacidade organizacional e o posicionamento estratégico da empresa. A capacidade organizacional foi composta pelos recursos humanos, tecnologia e a disponibilidade de recursos financeiros. Já o posicionamento estratégico é constituído pela estratégia e pelo engajamento dos *stakeholders*.

A capacidade organizacional foi evidenciada como sendo a mais relevante em virtude da categoria recursos humanos terem sido considerados os fatores de sucesso preponderantes para contribuir com a implementação das práticas ambientais. Os principais fatores corresponderam a uma equipe formada por especialista (F05), uma vez que quando se tem pessoas capacitadas para realizar as tarefas, trazer mudanças positivas como novas metodologias ou experimentos e ainda realizar treinamentos para alunos e a equipe do laboratório, tende a resultar em uma gestão mais efetiva. Além disso, foi também evidenciado que o apoio da alta administração (F06) configura um importante facilitador tanto para apoiar as causas ambientais como também disponibilizar recursos financeiros (F16). Outro fator que contribui é o conhecimento (F07) tanto da equipe de funcionários, alunos ou coordenadores proporcionando informações atualizadas, especialmente com conceitos da química verde que são valiosos para os processos de laboratórios químicos. Essas evidências relativas à questão humana demonstraram ser determinantes para impulsionar mudanças positivas nas instituições e implementar as práticas ambientais.

Relacionado à tecnologia, somente a utilização de equipamentos modernos (F03) foi citado e compreende especialmente possibilitar o uso de máquinas mais modernas alinhadas com os avanços de metodologias mais limpas. A aquisição desses equipamentos são investimentos que retornam vantagens para a organização com a diminuição do uso de reagentes, tempo de análise bem como geração de menos resíduos.

A disponibilidade de recursos financeiros (F16) é de fato necessária para a implementação e manutenção de práticas. Um padrão observado entre casos consiste na disponibilidade de orçamento da instituição. Empiricamente, os recursos foram fundamentais para a contratação da empresa especializada para o tratamento externo dos resíduos. No entanto, por si só os recursos financeiros não são suficientes, sendo fundamental a questão

humana para executar as ações corretas. Por exemplo, se por um lado tem a disponibilidade de orçamento para contratar a empresa, por outro as etapas anteriores ao tratamento dependem do lado humano como as etapas de segregação, a identificação correta dos resíduos e armazenamento dos resíduos.

O posicionamento estratégico foi melhor representado pelo engajamento dos *stakeholders*. A empresa especializada (F26) para tratamento externo dos resíduos perigosos foi o fator mais importante reportado pelos laboratórios estudados. Antigamente os laboratórios tiveram dificuldade em iniciar o gerenciamento correto desses resíduos tendo em vista que não existia uma empresa especializada no mercado local. A partir do momento em que empresas estavam disponíveis, facilitou amplamente o gerenciamento e, por conseguinte, o tratamento externo, reduzindo o acúmulo de resíduos bem como o passivo ambiental. É importante frisar que nenhum fator relacionado à estratégia foi observado nos estudos de caso, e essa investigação deve ser conduzida, uma vez que essa categoria proporciona vantagens promissoras como reportado na literatura³.

Em contraponto, as barreiras que mais foram citadas por dificultar a implementação das práticas foram também referentes aos recursos humanos. Uma diversidade de barreiras foi apontada pelos quatro laboratórios. Além disso, novas barreiras também foram evidenciadas de forma particular por cada caso estudado. Referente aos recursos humanos: falta de comprometimento (B07), falta de conscientização (B08). No tocante a gestão e planejamento foram a burocracia e licitação (B12), matérias fora do padrão esperado (B13) e a falta de materiais e equipamentos compatíveis com os processos (B16) e falta de planejamento nas compras (B17). Ainda, a limitação de técnicas/metodologias validadas para realizar análises mais limpas (B19). Nenhuma dessas barreiras representou um padrão para os laboratórios. A falta de recursos financeiros (F18) foi evidenciada em dois laboratórios e consistiu na falta de orçamento para aquisição equipamentos mais modernos.

Por fim, os recursos humanos comprovaram ser os fatores mais influenciadores e também os que mais afetam a implementação das práticas. Nesse sentido, a aplicação dos fatores deverá ocorrer de maneira particular a cada laboratório de acordo com suas necessidades e potencialidades disponíveis. Esse modelo torna-se aplicável demonstrando que por meio da capacidade organizacional é possível conhecer e direcionar as mudanças. De acordo com o posicionamento estratégico, as empresas ainda precisam se posicionar frente às mudanças ambientais para melhorar suas escolhas e superar as adversidades.

³ Ver seção 2.2.2.4.3, pág. 42.

5.6 PRODUTO FINAL

Nesta seção, será apresentado o produto final deste trabalho de conclusão de curso (Apêndice C). Serão descritos o impacto e inovação do produto, o desenvolvimento e complexidade, bem como a aplicabilidade.

5.6.1 Impacto e inovação do produto

Com base na revisão sistemática de literatura e na vivência em laboratórios químicos da cidade de Natal-RN, lacunas para implementação de práticas ambientais, além do gerenciamento de resíduos, foram evidenciadas. Um *framework* para implementação de práticas ambientais em laboratórios químicos integra a capacidade organizacional (recursos humanos, tecnológicas e recursos financeiros), o posicionamento estratégico (estratégia e engajamento de *stakeholders*) e barreiras para implementação de práticas. A integração desses fatores (capacidade organizacional, posicionamento estratégico e barreiras) bem como o estudo sobre outras práticas ambientais implementadas pelos laboratórios químicos consistem nos aspectos inovadores deste produto.

5.6.2 Desenvolvimento e complexidade

O produto foi desenvolvido a partir de uma revisão sistemática de literatura em bases como *Scopus*, *Scielo* e *Web of Science* e em uma pesquisa empírica por meio de estudos de casos em laboratórios da cidade. Nessa fase, entrevistas com coordenadores e técnicos de laboratórios foram conduzidas. O convívio com esses profissionais possibilitou aprofundar as discussões e o desenvolvimento do *framework*.

5.6.3 Aplicabilidade

O modelo é direcionado para coordenadores e técnicos de laboratório a explorar sua capacidade organizacional e impulsionar os pontos estratégicos para a gestão. Palestras e treinamentos para profissionais da área e um modelo de consultoria para implementação de práticas ambientais com base no *framework* estarão sendo ofertados em parceria com a Fundação de Apoio ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).

6 CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo propor um *framework* para implementação de práticas ambientais em laboratórios químicos visando potencializar sua adoção. Para buscar atender esse objetivo, dois métodos foram aplicados: uma revisão sistemática da literatura e o estudo de caso. A revisão de literatura permitiu identificar as práticas ambientais implementadas por laboratórios e entender o contexto da implementação delas, incluindo os fatores facilitadores, barreiras e motivadores. Isso permitiu preencher lacunas na literatura, em especial, ampliar as práticas que podem ser implementadas além do gerenciamento de resíduos e produtos químicos como já bem enfatizado na literatura. O estudo de caso, por sua vez, possibilitou validar empiricamente as informações observadas na literatura.

A partir da revisão sistemática, um *framework* conceitual foi também desenvolvido e endereçado na fase de coleta de dados. A análise de dados foi conduzida com base na triangulação de diferentes fontes, incluindo entrevistas entre coordenadores e técnicos de laboratório e um acervo de documentos, como manuais e planilhas, além da visita aos laboratórios.

A contribuição para o conhecimento e as implicações da pesquisa empírica são divididas em dois aspectos, a saber: práticas ambientais implementadas pelos laboratórios e o contexto de implementação das práticas implantadas. Com base na revisão sistemática, 48 práticas ambientais implementadas em laboratórios químicos foram encontradas. Enfatiza-se as práticas além do gerenciamento de resíduos e produtos químicos como a educação ambiental (conferências, cursos, inserção dos conceitos da química na grade curricular); eficiência energética (equipamentos que consomem menos energia, uso da energia solar); conservação da água (equipamentos que consomem menos água, programa de conservação da água); gestão e planejamento (manuais de laboratórios, programas ambientais/SGA); e design da infraestrutura (planejamento de instalações e espaço físico, sistema de iluminação natural como telhado de vidro).

Por outro lado, o estudo empírico identificou 7 novas práticas que não tinham sido citadas na literatura, a saber: reuniões periódicas com os alunos e monitores sobre conscientização do uso da água e energia (P06), caderno/lista de controle dos rejeitos perigosos (P20), calhas espelhadas (P36), manutenção preventiva de equipamentos (P37), sistema para reuso da água (P47), planilha de controle do volume de água retirado dos equipamentos (P48) e a calibração anual dos equipamentos de análises (P55). Assim, um total de 55 práticas ambientais foram identificadas. A principal ênfase continua sendo o

gerenciamento dos resíduos. Na literatura, a prática mais relatada foi o tratamento interno (P07). Já no estudo empírico, a abordagem configurou etapas iniciais do gerenciamento como ações correspondentes à segregação/redução na fonte/caracterização dos resíduos/coleta seletiva.

Desse modo, 27 fatores facilitadores foram observados e os mais preponderantes corresponderam aos recursos humanos, representados mais enfaticamente pela colaboração da equipe (F13) no estudo empírico e pelos treinamentos (F04) na literatura. Em adição, 5 novos facilitadores foram ainda encontrados na pesquisa empírica incluindo a colaboração da equipe/alunos/coordenadores, empresa financiadora (F17), empresa especializada de tratamento de resíduos perigosos (F26) e a estrutura física existente disponível (F27). Isto posto, o ponto chave a ser explorado e aprimorado condiz com a questão humana, os quais são, na realidade, os executores das atividades dentro dos laboratórios químicos.

No estudo teórico, a falta de conhecimento (B03) das pessoas envolvidas no laboratório caracterizou o maior entrave. Já para os estudos de caso, o maior obstáculo demonstrou ser à falta de comprometimento (B07) das pessoas em atender às recomendações. As principais barreiras reportadas na literatura compreenderam também entraves relacionados à questão humana, como a falta de conhecimento (B03), resistência à mudança (B04) e a rotatividade de pessoas (B02). Além disso, a falta de recursos financeiros (B17) e a gestão descentralizada (B15) foram apontadas por dificultar a implementação das práticas ambientais em laboratórios. No estudo empírico, foram citados ainda mais 4 barreiras antes não observadas no estudo teórico: falta de comprometimento (B07), falta de conscientização (B08), burocracia e licitação (B12), materiais fora do padrão esperado (B13), falta de materiais e equipamentos compatíveis com os processos (B16) e a limitação de técnicas validadas (B18). O total de 18 barreiras foram identificadas neste estudo. Em síntese, o principal facilitador apresentou ser também a maior barreira, evidenciando, de fato, a direção do foco deve-se voltar para o lado humano.

Referente aos motivadores, foram mais representados pela vertente normativa nas duas pesquisas. Na literatura, os principais motivadores condiziam com as regras e regulamentos (M03), fiscalização (M04) e a legislação (M05). Na abordagem empírica, as normas e resoluções (M06) representaram os maiores impulsionadores para iniciar as práticas, especialmente a Resolução CONAMA nº 430 e ABNT ISO/IEC 17025. Apenas o laboratório privado mencionou a fiscalização (M04) como motivador, tendo em vista ser o que recebe a visita do órgão fiscalizador anualmente.

Um *framework* para implementação de práticas ambientais em laboratórios químicos

foi proposto e representa o produto final desta pesquisa. Ademais, o modelo proposto preencheu lacunas na literatura por analisar o contexto da implementação das práticas em laboratórios químicos, antes não reportados na literatura.

Como limitações desta pesquisa, ocorreu a pretensão de realizar uma análise com maior de números de caso, mas como já explicado⁴, se restringiu para quatro laboratórios. Quanto ao conteúdo pesquisado, ainda são poucos artigos que reportam as barreiras encontradas para implementar as práticas, o que impossibilita apontar os pontos críticos e propor soluções.

Como sugestão para futuros estudos, recomenda-se pesquisas que contemplem outras práticas ambientais além do gerenciamento de resíduos e de produtos químicos, especialmente as que apresentaram baixo número de citações como as conformidades legais, eficiência energética, design da infraestrutura e a conservação da água, o que pode representar tendências para novas investigações. Em complemento, sugere-se examinar os fatores apontados com menos significância para a implementação, como o engajamento dos *stakeholders*, a fim de intensificar a sua influência como facilitador. Ainda tem potencial à exploração a relação dos facilitadores com as barreiras de forma individual para cada prática específica, o que pode estimular a sua implementação de acordo com as particularidades e necessidades de cada laboratório. A inserção de outras bases de dados pode ser explorada como a *Science Direct* e *Emerald* para aumentar a amostragem de artigos selecionados.

Além disso, investigar o motivo pelo qual os laboratórios estudados não realizam o tratamento interno dos resíduos, tendo em vista representar a prática ambiental mais observada na literatura para o gerenciamento dos resíduos. Outra possibilidade de estudo é explorar quais facilitadores são relevantes para cada categoria de prática individualmente, o que aprofunda os resultados deste estudo que se concentrou no contexto geral da implementação das práticas identificadas. Por fim, aumentar a amostragem de laboratórios de instituições de ensino incluindo laboratórios também da rede privada.

⁴ Ver seção 3.3.1.3, pág. 59.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração**. NBR ISO/IEC 17025. Rio de Janeiro, 2018.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Produtos químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente**. Parte 3: Rotulagem. NBR 14725. Rio de Janeiro, 2017.
- ADAMS, R. *et al.* Sustainability-oriented Innovation: A Systematic Review. **International Journal of Management Reviews**, v. 18, p. 180–205, 2016.
- AFONSO, J. C. *et al.* Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final. **Quim. Nova**, v. 26, n. 4, p. 602-611, 2003.
- ALBERGUINI, L. B. A.; SILVA, L. C.; REZENDE, M. O. O. Laboratório de resíduos químicos do campus USP-São Carlos – resultados da experiência pioneira em gestão e gerenciamento de resíduos químicos em um campus universitário. **Quim. Nova**, v. 26, n. 2, p. 291-295, 2003.
- ALVES, L. C. *et al.* Potential treatment alternative for laboratory effluents. **Bioresource Technology**, v. 96, p. 1650–1657, 2005.
- ATTRIDE-STIRLING, J. Thematic networks: an analytic tool for qualitative research. **Qualitative Research**, v. 1, p. 385–405, 2001.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BENATTI, C. T.; TAVARES, C. R. G.; GUEDES, T. A. Optimization of Fenton's oxidation of chemical laboratory wastewaters using the response surface methodology. **Journal of Environmental Management**, v. 80, p. 66–74, 2006.
- BENATTI, C. T.; TAVARES, C. R. G.; LENZI, E. Sulfate removal from waste chemicals by precipitation. **Journal of Environmental Management**, v. 90, p. 504–511, 2009.
- BONNET, J. *et al.* Analysis of electricity and water end-uses in university campuses. **Journal of Cleaner Production**, v. 10 n. 1, p. 13-24, 2002.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 410, de 04 de maio de 2009**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=603>. Acesso em: 3 jul. 2019.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 430, de 13 de maio de 2011**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 3 jul. 2019.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei n. 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. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 de

agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 24 de jul. 2019.

BRAUN, V.; CLARKE, V. Using thematic analysis in psychology. **Qualitative Research in Psychology**, v. 3, n. 2, p. 77-101, 2006.

BUTT, I.; KUMAR, U.; KUMAR, V. an empirical investigation of factors influencing the development of positioning strategy. **Procedia Computer Science**, v. 122, p. 629 –633, 2017.

CARDANO, M. **Manual de pesquisa qualitativa: a contribuição da teoria da argumentação**. 1. ed. Petrópolis: Vozes, 2017.

DENYER, D.; TRANFIELD, D. Using qualitative research synthesis to build an actionable knowledge base. **Management Decision**, v. 44, p. 213-227, 2006.

DENYER D.; TRANFIELD, D.; AKEN, J. E. V. Developing Design Propositions through Research Synthesis. **Organization Studies**, v. 29, n. 393, 2008.

DIENES, D.; SASSEN, R.; FISCHER, J. What are the drivers of sustainability reporting? A systematic review. **Sustainability Accounting, Management and Policy Journal**, v. 7, p.154 -189, 2016.

DRUMMOND, D. W. How not to be a large quantity generator of hazardous waste. **Journal of Chemical Health & Safety**, v. 13, p. 9-14, 2006.

EISENHARDT, K. M.; MARTIN, J. A. Dynamic capabilities: what are they? **Strategic Management Journal**, v. 21, p. 1105–1121, 2000.

FAGNANI, E.; GUIMARÃES, J. R. Waste management plan for higher education institutions in developing countries: The Continuous Improvement Cycle model. **Journal of Cleaner Production**, v. 147, p. 108-118, 2017.

FARIAS, L.M.S. *et al.* Criteria and practices for lean and green performance assessment: Systematic review and conceptual framework. **Journal of Cleaner Production**, v. 218, p. 746 – 762, 2019.

FU, Y. *et al.* Factors affecting sustainable process technology adoption: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 205, p. 226-251, 2018.

GENG, Y. *et al.* Creating a “green university” in China: a case of Shenyang University. **Journal of Cleaner Production**, v. 61, p. 13-19, 2013.

GERBASE, A. E.; COELHO, F. S.; MACHADO, P. F. L.; FERREIRA V. F. Gerenciamentos de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa. **Quim. Nova**, v. 28, n. 1, 2005.

GIBBS, L. M. ChemTracker Consortium – The higher education collaboration for chemical inventory management and regulatory reporting. **Journal of Chemical Health Safety**, v. 12, n.5, p. 9-14, 2005.

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

- GILES, R. J. The evolution of a campus chemical and laboratory equipment recycling program. **Journal of Chemical Health & Safety**, v. 17, n. 6, p. 20 – 28, 2010.
- GOODWIN, T. E. An Asymptotic Approach to the Development of a Green Organic Chemistry Laboratory. **Journal of Chemical Education**, v. 81, n. 8, 2004.
- GODOI, C. K.; BANDEIRA-DE-MELLO, R.; SILVA, A. N. **Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais: paradigmas, estratégias e métodos**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- HO, C. C.; CHEN, M. S. Risk assessment and quality improvement of liquid waste management in Taiwan University chemical laboratories. **Waste Management**, v. 71, p. 578-588, 2018.
- HOURI, A. WEHBE, H. Towards an environmentally friendly Química laboratory: managing expired chemicals. **Green Chemistry**, v. 5, p. 49-50, 2003.
- IFEGBESAN, A. P.; OGUNYEMI, B., RAMPEDI, I. T. Students' attitudes to solid waste management in a Nigerian university: Implications for campus-based sustainability education. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 18, p.1244-1262, 2017
- IMBRIOSI, D. *et al.* Gestão de resíduos químicos em universidades: Universidade de Brasília em foco. **Quim. Nova**, v. 29, n. 2, p. 404-409, 2006.
- JARDIM, W. F. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. **Quim. Nova**, v. 21, n. 5, p. 671-673, 1998.
- KAPLOWITZ, M. D.; THORP, L.; COLEMAN, K.; YEBOAH, F. K. Energy conservation attitudes, knowledge, and behaviors in science laboratories. **Energy Policy**, v. 50, p. 581-591, 2012.
- KILKIS, S. Comparative analyses of sustainable campuses as living laboratories for managing environmental quality. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 28, p. 681-702, 2017.
- KUO, Y. *et al.* Stabilization of Residues Obtained from the Treatment of Laboratory Waste: Part 2-Transformation of Plasma Vitriified Slag into Composites. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 61, p. 78-84, 2011.
- LARA, E. R. *et al.* A comprehensive hazardous waste management program in a Chemistry School at a Mexican university. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 1488-1491, 2017.
- LEITE, Z. T.; ALCANTARA, C. S.; AFONSO, J. C. A gestão de resíduos de laboratório na visão de alunos de um curso de graduação de química e áreas afins. **Quim. Nova**, v. 31, n.7, p. 1892-1897, 2008.
- LENARDÃO, E. J. *et al.* "Green Chemistry" – os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Quim. Nova**, v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003.
- LUNA, P. B. F. G. S. *et al.* Treatment of liquid waste produced in a small chemical laboratory using the photo-Fenton process. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.11, n 1, p. 1125-1128, 2013.

- MARIOKA, S. N.; CARVALHO, M. M. Systematic literature review towards a conceptual framework for integrating sustainability performance into business. **Journal of Cleaner Production**, v. 136, p. 134-146, 2016.
- MARTEEL-PARRISH, A.; NEWCITY, K. M. Highlights of the Impacts of Green and Sustainable Chemistry on Industry, Academia and Society in the USA. **Johnson Matthey Technology Review**, v. 61, p. 207-221, 2017.
- MCLEAN, A.; FLEETWOOD, D.; TOWNSEND, TIM *et al.* Development of a University Laboratory Chemical Inventory and Exchange Program. **Practice Periodical of Hazardous Toxic and Radioactive**, v. 10, p. 46-56, 2006.
- MILES, M.B., HUBERMAN, A.M., SALDANA, J. **Qualitative data analysis: A Methods Sourcebook**, Qualitative Data Analysis. SAGE Publications, London, 2014.
- MOONEY, D. Effectively minimizing hazardous waste in academia: The Green Chemistry approach. **Chemical Health & Safety**, v. 11, n. 3, p. 24-28. 2004.
- MONTANES, M. T.; PALOMARES, A. E.; SÁNCHEZ-TOVAR, R. Integrating environmental management: By introducing an environmental management system in the student laboratory. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 13, p. 128-134, 2012.
- NASCIMENTO, E. S.; TENUTA FILHO, A. Chemical waste risk reduction and environmental impact generated by laboratory activities in research and teaching institutions. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 46, n. 2, p. 187-198, 2010.
- NAWAZ, W.; KOÇ, M. Development of a systematic framework for sustainability management of organizations. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 1255 - 1274, 2018.
- NEJATI, M.; NEJATI, M. Assessment of sustainable university factors from the perspective of university students. **Journal of Cleaner Production**, v. 48, p. 101-107, 2013.
- OLIVEIRA, U. R. *et al.* A systematic literature review on green supply chain management: research implications and future perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 187, p. 537 – 561, 2018.
- PAGELL, M.; WU, Z. Building a more complete theory of sustainable supply chain management using case studies of 10 exemplars. **Journal of Supply Chain Management**, v. 45, n. 2, p. 37-56, 2009.
- PEREIRA, G. S. M.; JABBOUR, C.; OLIVEIRA, S. V.W. B.; TEIXEIRA, A. A. Greening the campus of a Brazilian university: cultural challenges. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 15, p. 34-47, 2014.
- PILBEAM, C.; ALVAREZ, G.; WILSON, H. The governance of supply networks: a systematic literature review. **Supply Chain Management: An International Journal**, v.17, n. 4, p. 358 – 376, 2012.
- PIMENTA, H. C. D. **Diffusion of environmental and social sustainability practices across the supplier base**. Cranfield, 2016. Tese de doutorado - Cranfield University, 2016.

- POTRICH, L.; CORTIMIGLIA, M. N.; MEDEIROS, J. F. A systematic literature review on firm-level proactive environmental management. **Journal of Environmental Management**, v. 243, p. 273–286, 2019.
- RINO, C. A. F.; SALVADOR, N. N. B. ISO 14001 certification process and reduction of environmental penalties in organizations in Sao Paulo State, Brasil. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 3627 – 3633, 2017.
- RÍO-RAMA, M. CRUZ; ÁLVAREZ-GARCÍA, J. OLIVEIRA, C. Environmental practices. Motivations and Their Influence on the Level of Implementation. **Sustainability**, v. 10, p. 1-15, 2018.
- RODRIGUES, V. P.; PIGOSSO, D. C. A.; ANDERSEN, J. W. MCALOONE, T. C. Evaluating the potential business benefits of ecodesign implementation: a logic model approach. **Sustainability**, v. 10, 2011.
- SANCHA, C.; LONGONI, A.; GIMÉNEZ, CRISTINA. Sustainable supplier development practices: Drivers and enablers in a global context. **Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 21, p. 95-102, 2015.
- SANTOS, J. E. R. *et al.* **Journal of Chemical Health & Safety**, v. 18, p. 15-18, 2011.
- SALIM, H. K. *et al.* Drivers, barriers and enablers to end-of-life management of solar photovoltaic and battery energy storage systems: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 211, p. 537-554, 2019.
- SALIM, N.; RAHMAN, M. N. A.; WAHAB, D. A. A systematic literature review of internal capabilities for enhancing eco-innovation performance of manufacturing firms. **Journal of Cleaner Production**, v. 209, p. 1445-1460, 2019.
- SENGER, I.; PAÇO-CUNHA, E.; SENGHER, C. M. O estudo de caso como estratégia metodológica de pesquisas científicas em administração: um roteiro para o estudo metodológico. **Revista de Administração**, v. 3, n. 4, 2004.
- SILVA, F. L. F. *et al.* Treatment of waste from atomic emission spectrometric techniques and reuse in undergraduate lab classes for qualitative analysis. **Quim. Nova**, v. 38, n. 9, p. 1247-1252, 2015.
- SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. Experimentação no ensino médio de química: a necessária busca da consciência ético-ambiental no uso e descarte de produtos químicos – um estudo de caso. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 2, p. 233-249, 2008.
- SILVA, S.; LOPES, A. M. Aspectos ambientais e impactos de uma instalação de incineração de resíduos. **Energia Procedia**, v. 136, p. 239 – 244, 2017.
- SMYTH, D. P.; FREDEEN, A. L.; BOOTH, A. L. Reducing solid waste in higher education: The first step towards ‘greening’ a university campus. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, p. 1007-1016, 2010.

STEG, L. Promoting household energy conservation. **Energy Policy**, v. 36, p. 4449 – 4453, 2008.

TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. Implantação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas nos laboratórios de ensino e pesquisa no CENA/USP. **Quim. Nova**, v. 28, n. 4, p. 732-738, 2005.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British Journal Management**, v. 14, p. 207–222, 2003.

TACHIZAWA, T.; POZO, H. Gestão de recursos humanos em micro e pequenas empresas: um enfoque de gestão ambiental e responsabilidade social para seu crescimento. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v.1, n.1, p.4-23, 2007.

WARGNIEZ, A. B.; OLEAS, R. C., YAMAGUCHI, K. S. Improving laboratory safety through mini-scale experiments: A case study of New Jersey City University. **Journal of Chemical Health & Safety**, v. 19, p. 12-23, 2012.

WOOLLIAMS, J.; LLOYD, M.; SPENGLER, J. D. The case for sustainable laboratories: first steps at Harvard University", **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 6 n. 4, p. 363 - 382, 2005.

WOLF, C.; FLOYD, S. W. Strategic Planning Research: Toward a Theory-Driven Agenda. **Journal of Management**, v. 43 n. 6, p. 1754-1788, 2017.

YIN, J.; GONG, L.; WANG, SEN. Large-scale assessment of global green innovation research trends from 1981 to 2016: A bibliometric study. **Journal of Cleaner Production**, v. 197, p. 827-841, 2018.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed, Porto Alegre: Bookman, 2015.

YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. 1. ed, Porto Alegre: Penso, 2016.

ZACH, A. Report: Waste management as a challenge for a laboratory in the rain forest of Ecuador. **Waste management**, v. 18, p. 190-193, 2000.

ZWECKMAIR, T. *et al.* Recycling of Analytical Grade Solvents on a Lab Scale with a Purpose-Built Temperature-Controlled Distillation Unit. **Organic Process Research & Development**, v. 21, p. 578–584, 2017.

APÊNDICE A – LISTA DE ARTIGOS DA RSL

Nº	Título	1º Autor	Ano	País
1	Risk assessment and quality improvement of liquid waste management in Taiwan University chemical laboratories	Ho	2018	Taiwan
2	A comprehensive hazardous waste management program in a Química School at a Mexican university	Lara	2017	México
3	Comparative analyses of sustainable campuses as living laboratories for managing environmental quality	Kilkis	2017	Turquia
4	Highlights of the Impacts of Green and Sustainable Química on Industry, Academia and Society in the USA	Marteel-Parrish	2017	EUA
5	Recycling of Analytical Grade Solvents on a Lab Scale with a Purpose-Built Temperature-Controlled Distillation Unit	Zweckmair	2017	Áustria
6	Waste management plan for higher education institutions in developing countries: The Continuous Improvement Cycle model	Fagnani	2017	Brasil
7	Treatment of waste from atomic emission spectrometric techniques and reuse in undergraduate lab classes for qualitative analysis	Silva	2015	Brasil
8	Greening the campus of a Brazilian university: Cultural challenges	Pereira	2014	Brasil
9	Treatment of liquid waste produced in a small chemical laboratory using the photo-fenton process	Luna	2013	Brasil
10	Creating a “green university” in China: a case of Shenyang University	Geng	2013	China
11	Energy conservation attitudes, knowledge, and behaviors in science laboratories	Kaplowitz	2012	EUA
12	Improving laboratory safety through mini-scale experiments: A case study of New Jersey City University	Wargniez	2012	EUA
13	Integrating environmental management: By introducing an environmental management system in the student laboratory	Montanes	2012	Espanha
14	Developing a chemical and hazardous waste inventory system	Santos	2011	Filipinas
15	Stabilization of residues obtained from the treatment of laboratory waste: Part 2 - Transformation of plasma vitrified slag into composites	Kuo	2011	Taiwan
16	Chemical waste risk reduction and environmental impact generated by laboratory activities in research and teaching institutions	Nascimento	2010	Brasil
17	Reducing solid waste in higher education: The first step towards 'greening' a university campus	Smyth	2010	Canadá
18	The evolution of a campus chemical and laboratory equipment recycling program	Giles	2010	EUA
19	A gestão de resíduos de laboratório na visão de alunos de um curso de graduação de química e áreas afins	Leite	2008	Brasil

Nº	Título	1º Autor	Ano	País
20	Experimentação no ensino médio de química: a necessária busca da consciência ético-ambiental no uso e descarte de produtos químicos – um estudo de caso	Silva	2008	Brasil
21	Development of a university laboratory chemical inventory and exchange program	McLean	2006	EUA
22	Gestão de resíduos químicos em universidades: Universidade de Brasília em foco	Imbriosi	2006	Brasil
23	How not to be a large quantity generator of hazardous waste	Drummond	2006	EUA
24	Optimization of Fenton's oxidation of chemical laboratory wastewaters using the response surface methodology	Benatti	2006	Brasil
25	ChemTracker Consortium - The higher education collaboration for chemical inventory management and regulatory reporting	Gibbs	2005	EUA
26	Potential treatment alternative for laboratory effluents	Alves	2005	Brasil
27	The case for sustainable laboratories: First steps at Harvard University	Woolliams	2005	EUA
28	Implantação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas nos laboratórios de ensino e pesquisa no CENA/USP	Tavares	2005	Brasil
29	An asymptotic approach to the development of a green organic Química laboratory	Goodwin	2004	EUA
30	Effectively minimizing hazardous waste in academia: The Green Química approach	Mooney	2004	Reino Unido
31	Laboratório de resíduos químicos do campus USP-São Carlos	Alberguini	2003	Brasil
32	Towards an environmentally friendly Química laboratory: managing expired chemicals	Houri	2003	Líbano
33	Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final	Afonso	2003	Brasil
34	Report: Waste management as a challenge for a laboratory in the rain forest of Ecuador	Zach	2000	Áustria
35	Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa	Jardim	1998	Brasil

APÊNDICE B - PROTOCOLO DE ENTREVISTAS - CONTEXTO QUE ENVOLVE AS PRÁTICAS AMBIENTAIS

Data da visita: ___/___/___ **Entrevistado:** Alta administração/ Coordenador Técnico de laboratório **Tempo de serviço:** _____

Instituição/Organização: _____ **Código do laboratório** _____ **Duração:** _____

Tipo de laboratório: Prestação de serviços Controle interno da qualidade Ensino, pesquisa e extensão

PARTE 1 – CONHECIMENTOS GERAIS

1 Quais principais problemas ambientais que o seu laboratório pode causar para o meio ambiente? (Como impacta)

PARTE 2 – PRÁTICAS GERAIS

2 Quais práticas de gestão ambiental foram implementadas na organização?

PARTE 3 – PRÁTICAS ESPECÍFICAS

3 Porque a organização tomou a iniciativa de implementar essas práticas?

4 O que facilitou a implementação?

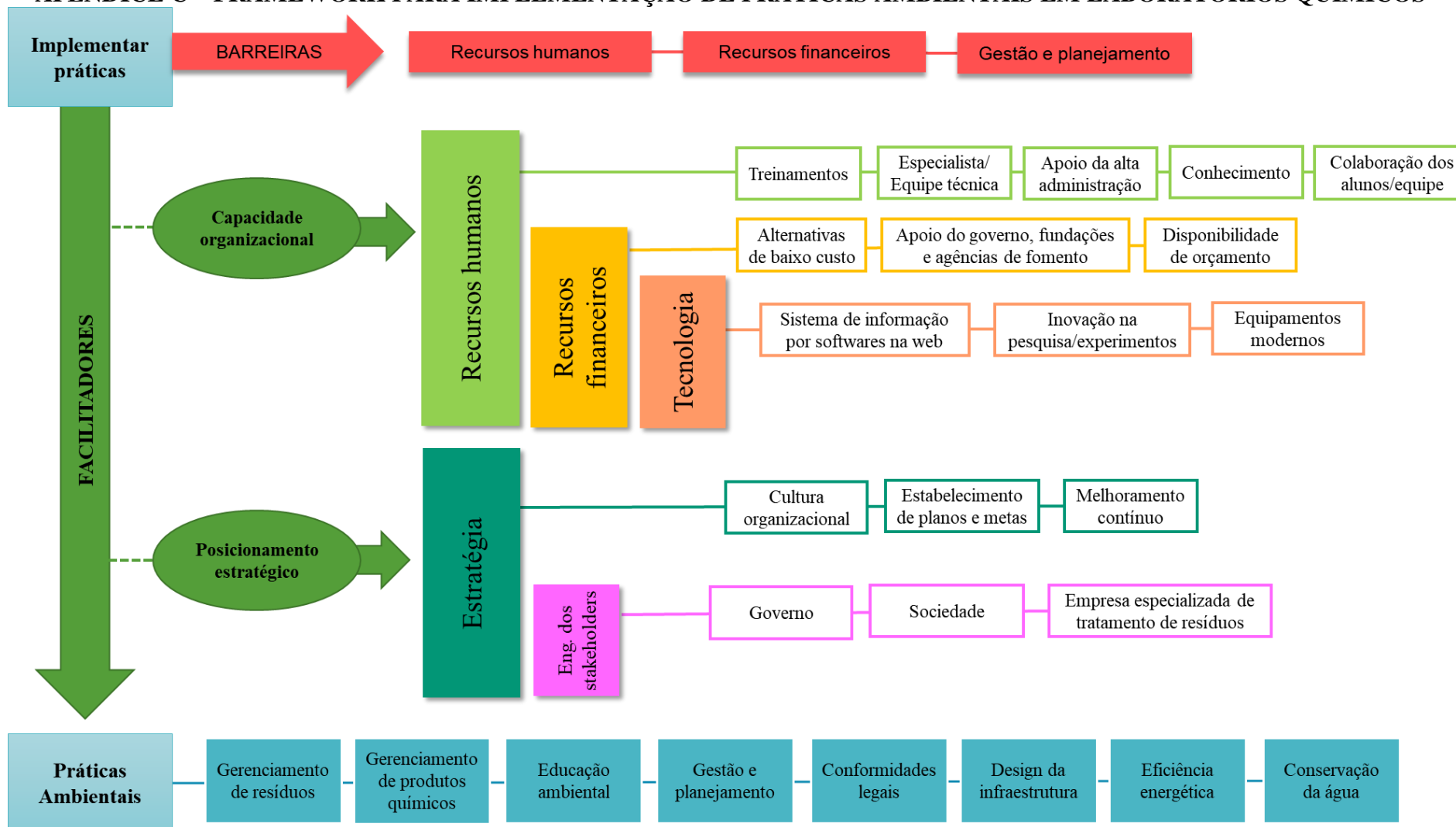
5 Quais principais dificuldades enfrentadas para conseguir adotar práticas ambientais?

6 Quais os principais resultados alcançados com a implementação?

PARTE 4 – PRÁTICAS FUTURAS

7 A organização visa a implementação de outras práticas a longo prazo? Quais e por que?

APÊNDICE C – FRAMEWORK PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS AMBIENTAIS EM LABORATÓRIOS QUÍMICOS



Fonte: Elaboração própria em 2019.