



Utilização da Casa da Qualidade no Levantamento de Requisitos de um Sistema de Gerenciamento de Resíduo Sólido: Um Estudo de Caso na Universidade de Brasília

Simone Borges Simão Monteiro (Universidade de Brasília)
simoneborges@unb.br

Camila Marinho Avelino da Silva (Universidade de Brasília)
kmila2012@hotmail.com

Dianne Magalhães Viana (Universidade de Brasília)
diannemv@unb.br

Ana Cristina Fernandes Lima (Universidade de Brasília)
anacristina.limafernandes@gmail.com

Everaldo Silva Júnior (Universidade de Brasília)
everaldo.s.junior@gmail.com

Anualmente, bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos são produzidos no mundo. Apenas na América Latina e no Caribe, cerca de 541 mil toneladas diárias foram produzidas em 2018 (UN ENVIROMENT, 2018). No Brasil, foi encerrado em 2018 o maior lixão da América Latina, um trabalho que envolveu o Sistema de Limpeza Urbana da cidade e diversas cooperativas de catadores de lixo. Neste trabalho, buscou-se compreender o contexto da coleta seletiva de lixo na Universidade de Brasília com o objetivo de definir os requisitos de projeto de um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos a fim de facilitar o trabalho e a comunicação entre a universidade e os catadores. A pesquisa é caracterizada como um estudo de caso, de abordagem qualitativa, e utilizou como coleta de dados entrevistas com os stakeholders e pesquisa na literatura científica. Foi possível levantar os principais requisitos necessários para o sistema e verificar ações que devem ser tomadas antes de executar o projeto do sistema.

Palavras-chave: Casa da Qualidade, Levantamento de Requisitos, Coleta Seletiva, Coleta de Lixo.

1. Introdução

Anualmente, cerca de 1,4 bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos são produzidos no mundo. De acordo com o relatório da ONU (UN ENVIRONMENT, 2018), 541.000 toneladas por dia foram produzidas em 2018 apenas na América Latina e no Caribe, e estima-se que este número aumente em 25% até 2050. Apesar dos esforços dos países dessa região, cerca de 35.000 toneladas de resíduo sólido por dia não são coletadas e 145.000 toneladas por dia ainda são depositadas em lixões. Com esse valor expressivo, investir em alternativas para a destinação de resíduos sólidos, como a reciclagem, e incentivar a reciclagem informal, se tornaram cada vez mais importante e indispensável para reduzir o impacto desses números no meio ambiente e na qualidade de vida humana (UN ENVIRONMENT, 2018). No Brasil, o maior lixão da América Latina foi encerrado em 2018 em um projeto que envolveu o Serviço de Limpeza Urbana (SLU) e as cooperativas de catadores de lixo, na cidade de Brasília.

De acordo com o relatório do SLU (2019), Brasília produz uma média diária de 1kg de resíduos sólidos, o que corrobora com os dados do relatório da WWF (WIT, 2019). Neste relatório, a WWF estima que um brasileiro produz 1 kg de resíduo plástico em cerca de uma semana, emitindo 0,3 kg de CO₂ por dia na sua produção. Para cada quilo destes resíduos, 0,9 kg são coletados, dos quais 0,6 kg são destinados a aterros, 0,2 kg a lixões a céu aberto, e apenas 0,1 kg são coletados para reciclagem. Estes dados colocam o Brasil entre os 10 países que mais produzem lixo.

O Brasil é um grande consumidor de tecnologia, com aproximadamente 93% da população com acesso a um telefone celular e 46% a um computador (CETIC, 2018). Como forma de contribuir para uma coleta de lixo, envolvendo o uso de tecnologia, esta pesquisa se propôs a levantar requisitos iniciais para um sistema de qualidade que forneça subsídios para melhorar e aumentar a eficiência da coleta de lixo. O espaço amostral adotado para esse estudo foi o Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília. O resultado obtido visa fornecer os requisitos para a montagem de um sistema de qualidade para coleta seletiva no Campus da Universidade, e futuramente em outras regiões.

A seção 2 apresenta o fundamento teórico concernente ao desenvolvimento da pesquisa, na seção 3 é apresentada a metodologia adotada para a realização da pesquisa, a seção 4 traz os resultados e a análise dos dados coletados no decorrer da pesquisa, por último as considerações finais são apresentadas na seção 5.

2. Referencial teórico

Essa seção apresenta o embasamento teórico necessário para a realização do trabalho, abordando os Conceitos de Qualidade, Processo de Desenvolvimento de Produtos e Levantamento de Requisitos de Produtos.

2.1. Conceitos de qualidade

Com o crescimento das indústrias, a Gestão da Qualidade começou a ser mais difundida, a fim de buscar a diminuição ou eliminação de erros (AGUAYO, 1993; DEMING, 1990). Os avanços do tema trouxeram definições e ferramentas mais sólidas e estruturadas, representadas por autores de grande influência, como Crosby, Deming, Juran, Feigenbaum e Ishikawa. Países exemplos no desenvolvimento da qualidade foram Estados Unidos e Japão, revolucionando indústrias e metodologias de gestão, sendo esse o motivo dos principais nomes de autores serem desses países (MARSHALL JUNIOR et al., 2010).

Segundo Deming (1993), o foco da qualidade é o consumidor. Os produtos e serviços devem ser elaborados para atender as necessidades de quem irá consumi-los. Ele recomenda a adoção do ciclo PDCA por parte das empresas, para que sejam capazes de melhorarem continuamente a qualidade de seus processos. Esse método foi criado por Walter A. Shewhart (1938), e é implementado mundialmente nas gestões empresariais. Outra contribuição de Shewhart foi o Controle Estatístico de Processo (CEP), sistema de mensuração de variabilidades na produção que possibilita monitorar os processos envolvidos antes de produzir um produto defeituoso e, assim, eliminar as causas raiz do problema (PIRES, 2000).

Crosby (1979) caracterizou a qualidade como a conformidade do produto em relação às suas especificações. Também defendeu que a prevenção contra a não-conformidade custa mais barato do que a correção da não-conformidade. Ishikawa (1990), engenheiro japonês, criou ferramentas e métodos de análise da qualidade. Ele foi responsável pela criação do gráfico de Pareto, diagrama de causa e efeito, diagramas de escada, fluxos de controle, histograma, gráfico de dispersão e gráfico de controle.

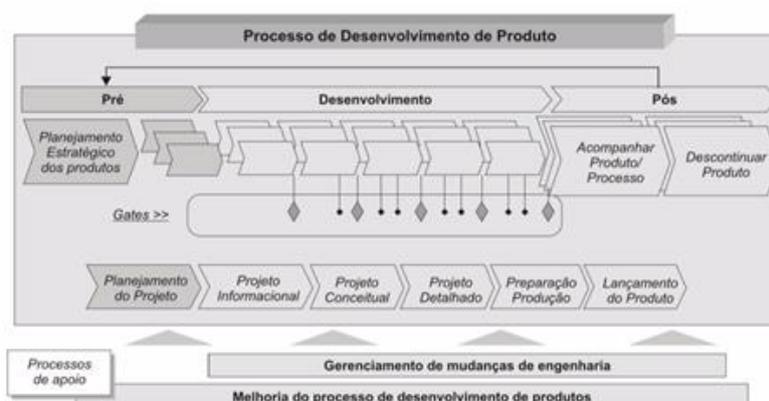
Já para Juran (1992), especialista em gestão estratégica empresarial, as empresas devem focar em garantir a satisfação de seus clientes executando seus processos com qualidade. Ele foi o criador do Juran Management System (JMS), sistema que caracteriza o planejamento, controle e melhoria da qualidade como pontos fundamentais da estratégia empresarial, buscando reduzir ao máximo falhas e buscar satisfazer o cliente.

Na etapa de planejamento busca-se definir metas de qualidade, identificando os consumidores, suas necessidades e traduzir essas necessidades em requisitos do produto. Na segunda etapa, é o momento de controlar as metas definidas anteriormente para que na última etapa obtenha-se a melhoria contínua. Para realizar o planejamento de um produto, uma ferramenta muito difundida é a Casa da Qualidade. Esta ferramenta utiliza várias matrizes para traduzir as necessidades mais importantes dos clientes em características técnicas do produto (ABREU, 1997).

2.2. Processo de desenvolvimento de produtos

O modelo de referência do processo de desenvolvimento de produtos, proposto por Rozenfeld (2006), é um dos modelos mais difundidos (Figura 1) para transformar as informações de pesquisa e necessidades dos clientes em requisitos de projeto.

Figura 1 - Modelo de referência apresentado por Rozenfeld (2006)



Fonte: Rozenfeld (2006)

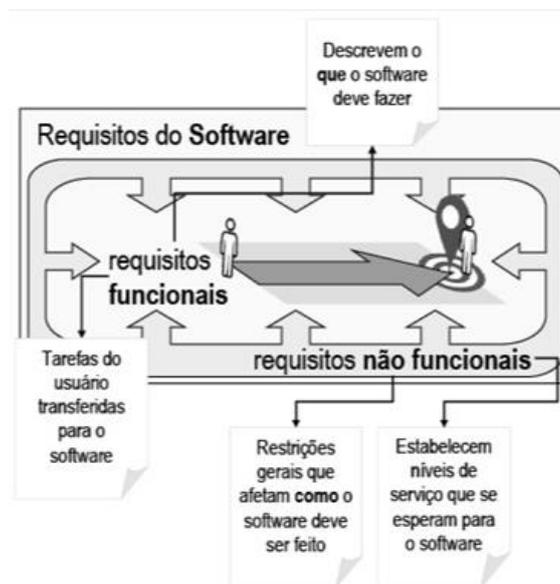
O Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) proposto por Rozenfeld (2006) é dividido em três macrofases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento, além de dois processos de apoio, gerenciamento de mudanças de engenharia e melhoria do PDP. A primeira macrofase é onde acontece a fase de planejamento estratégico dos produtos, quando é definido o que será produzido, o que não será produzido e em qual mercado focar esforços. A segunda macrofase divide-se em cinco fases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação produção e lançamento do produto. Este macroprocesso é, portanto, responsável por executar tudo aquilo que foi planejado na macrofase anterior. O

último macroprocesso, pós-desenvolvimento, é composto pelas fases de acompanhar o desempenho do produto e do processo de produção; e, descontinuar o produto.

2.3. Levantamento de requisitos de produtos

Cada uma das ferramentas de qualidade citadas são utilizadas para que as organizações consigam desenvolver, medir, analisar e melhorar a sua qualidade (OLIVEIRA, 2011). Seguindo os dados apresentados pela CETIC (2018), a organização deve manter as informações necessárias para a Gestão do Sistema de Qualidade (GSQ) de forma fácil e prática de acesso e entendimento. Ao aplicar esse gerenciamento para o desenvolvimento de um software, faz-se necessário diferenciar no produto o requisito funcional e o não funcional (Figura 2).

Figura 2 – Requisitos funcionais e Requisitos não funcionais



Fonte: Vasquez e Simões (2016)

O requisito funcional se trata daquilo que descreve o que o software irá fazer pelo usuário como “enviar algo” ou “gerar um relatório”; e o não funcional caracteriza como o software irá fazer, descrevendo o que o software deve atender para ser efetivo e limitações gerais ao funcionamento dos requisitos funcionais (VASQUEZ; SIMÕES, 2016).

3. Metodologia

A pesquisa que teve como objetivo definir os requisitos de projeto de um sistema de gerenciamento de resíduos sólido, é caracterizada como um estudo de caso, de abordagem qualitativa, e utilizou como coleta de dados uma entrevista com os *stakeholders* e pesquisa na literatura científica, para o embasamento da proposta. Foram entrevistados, com questionário aberto, o gestor de resíduos sólidos da universidade, um representante de uma das cooperativas, a engenheira responsável pelo galpão dos catadores, na ocasião desta entrevista foi feita uma visita, simultaneamente a entrevista, ao galpão onde foi possível constatar a realidade vivida pelos catadores e conversar pessoalmente com alguns deles.

Foi realizada uma pesquisa na literatura, utilizando a base de dados Web of Science e a palavra chave “*solid waste management*” o que resultou em mais de 4000 documentos. A fim de refinar essa pesquisa, restringiu-a às categorias de “*engineering industrial*”, “*engineering manufacturing*”, “*management*” e “*urban studies*” o que resultou em 290 trabalhos. Considerando este refinamento, o primeiro trabalho publicado foi em 1971 e trata de um modelo matemático para determinar o transporte de resíduo sólido mais viável (HELMS, 1971). Nas publicações mais recentes, os trabalhos abordam gerenciamento de resíduos sólidos em regiões ou cidades como BRIC e Mumbai (IYAMU, 2020; BASU, 2020). Assim, optou-se por fazer novamente a pesquisa acrescentando a palavra chave “*smart cities*” que retornou 17 trabalhos.

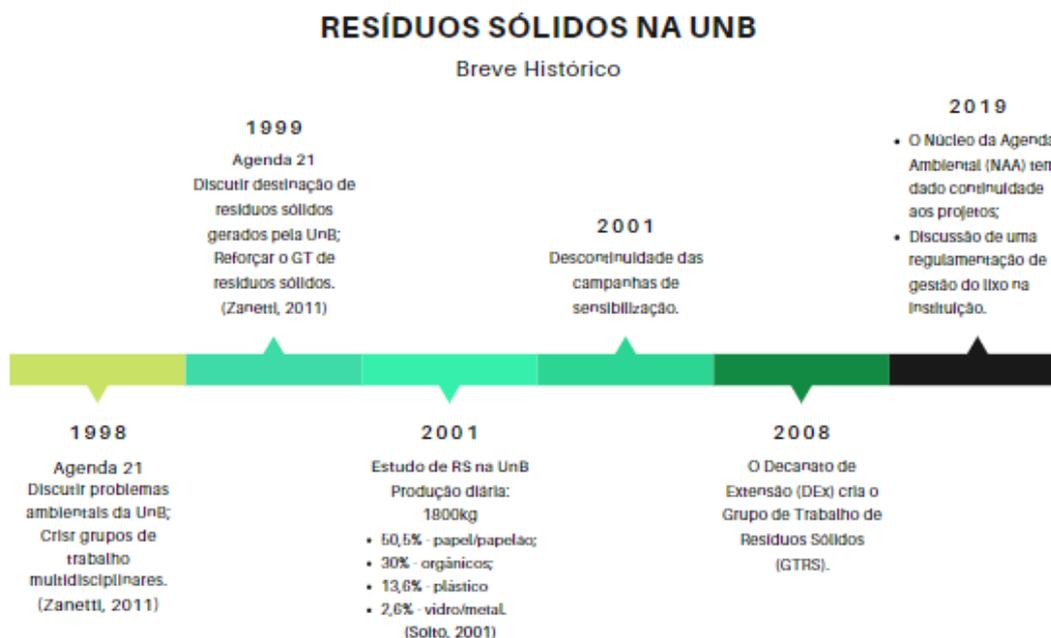
Na execução do projeto, foram utilizadas as fases de planejamento estratégico da macrofase pré-desenvolvimento e de projeto informacional da macrofase desenvolvimento da metodologia de Rozenfeld (2006), como abordado na Figura 1.

3.1. Macrofase de pré-desenvolvimento

Esta macrofase é a consolidação das informações sobre tecnologia e mercado. Para isso, foram feitas pesquisas na literatura científica sobre gestão de resíduos sólidos buscando alternativas utilizadas recentemente; e informações sobre o cenário atual da Universidade de Brasília (UnB), quanto a resíduos sólidos.

Essas pesquisas, resultaram em alguns trabalhos utilizando IoT para o monitoramento de resíduos sólidos, mas o artigo que mais se destacou foi o de Pardini (2018), por tratar de um sistema eficiente de gerenciamento de resíduos sólidos em um centro urbano. O trabalho de Zaneti et al. (2011) mostrou a preocupação da UnB sobre seu impacto ambiental (Figura 3).

Figura 3 – Histórico sobre os resíduos sólidos na UnB



Fonte: elaboração própria

Esta linha do tempo apresenta a preocupação da Universidade com os problemas ambientais desde 1998. Entretanto possui uma janela de sete anos entre o estudo da produção diária de lixo no Campus e a criação de um grupo de trabalho sobre resíduos sólidos. Após isso, buscou-se entender o cenário atual da Universidade de Brasília, por meio de entrevista com *stakeholders* que participam ativamente na gestão dos resíduos sólidos na UnB. O coordenador da coleta seletiva no campus Darcy Ribeiro da UnB relatou como a coleta é acionada e as principais dificuldades enfrentadas pela universidade; e, algumas cooperativas de catadores de lixo no DF falaram das suas principais dificuldades e necessidades ao realizar a coleta seletiva.

3.2. Macrofase de desenvolvimento

As entradas do desenvolvimento foram todas as informações coletadas e planejadas na macrofase anterior. Na fase de projeto informacional, o que foi planejado na macrofase pré-desenvolvimento foi transformado em especificação do projeto (Romeiro, 2009) que, no caso, são os requisitos funcionais do projeto.

Após o levantamento de dados, as necessidades dos clientes foram transformadas em requisitos dos clientes, onde foram eliminadas redundâncias através de análise, agrupamento e classificação de cada uma. Para visualizar melhor as necessidades mais relevantes para o desenvolvimento do projeto, foi utilizado o Diagrama de Kano.

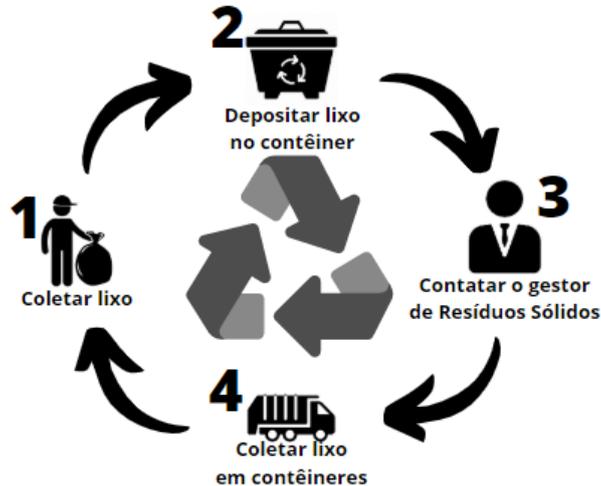
Por fim, os requisitos de cliente foram transformados em requisitos de projeto, que apresenta uma linguagem técnica de engenharia e que permite a interface entre o grupo de pesquisa e o grupo de execução. Nesta fase, converte-se os requisitos de clientes em expressões mensuráveis (ROZENFELD, 2006). Por fim, priorizou-se aqueles que seriam mais relevantes, através do Diagrama de Mudge e da aplicação dos dados obtidos em um Diagrama de Pareto.

4. Resultados e análise dos dados

A partir da entrevista com o responsável por coordenar a limpeza do Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília, entendeu-se o cenário atual de resíduos do local. A universidade produz diversos tipos de resíduos, como: orgânico, seco, biológico, entulhos de construções civis, entre outros. Porém, o foco dessa pesquisa está na coleta seletiva, no lixo reciclável: papel, plástico, metal e vidro. Partindo dessa premissa, foi entendida a situação atual e as dificuldades que são enfrentadas no campus Darcy Ribeiro referente aos resíduos recicláveis.

A Universidade conta com uma empresa terceirizada que faz a limpeza do Campus. Os funcionários da empresa são responsáveis por recolher os lixos despejados nas lixeiras e colocar os sacos de lixo dentro dos contêineres adequados para cada tipo de resíduo (Figura 4). A equipe de limpeza executa essa atividade em média duas vezes por dia em cada lixeira.

Figura 4 - Fluxo do lixo na Universidade de Brasília



Fonte: elaboração própria

O controle do volume de lixo dos contêineres é feito pelos responsáveis da limpeza do campus, eles despejam os sacos de lixo nos contêineres diariamente, tendo o controle visual do volume de lixo acumulado em cada um deles. Quando algum contêiner está perto de completar sua capacidade, o funcionário aciona o seu superior, que aciona o chefe de limpeza da UnB, que por sua vez, aciona a cooperativa para recolher o lixo. O processo de comunicação é informal, e passa por diversas pessoas até chegar à cooperativa. As coletas são realizadas, geralmente, com a frequência de uma vez por semana, podendo variar, dependendo da época do ano ou de realizações de eventos.

As lixeiras da universidade não são adequadas para a coleta seletiva, pois são divididas apenas em lixo orgânico e seco, e o lixo seco não apresenta divisão entre papel, metal e plástico. Isso impacta em um maior trabalho para a cooperativa na separação dos tipos de resíduos.

Assim, a maior dificuldade que a prefeitura enfrenta para melhorar a coleta seletiva é a falta de recursos para investir em conscientização e condições para que as pessoas e cooperativas colaborem com a causa. Com os decorrentes cortes de verba no setor de limpeza da universidade, a prefeitura não consegue implementar lixeiras que tenham as opções adequadas para despejo separado dos resíduos.

Além disso, a prefeitura não sabe exatamente a quantidade de lixo produzida em seu Campus. Não há medição da quantidade de lixo recolhida, o que dificulta o fechamento de contrato com cooperativas para recolherem os resíduos do local. Os números conhecidos do volume de lixo recolhido diariamente são estimativas informais. As empresas que recolhem os resíduos passam valores quantitativos estimados para a prefeitura, sendo essa informação incerta. Dessa forma, dentro dos sacos de lixo seco, não há estimativa da quantidade de papel, plástico, vidro ou metal, o que é um grande problema para atrair cooperativas que façam a coleta no Campus.

4.1. Requisitos do cliente

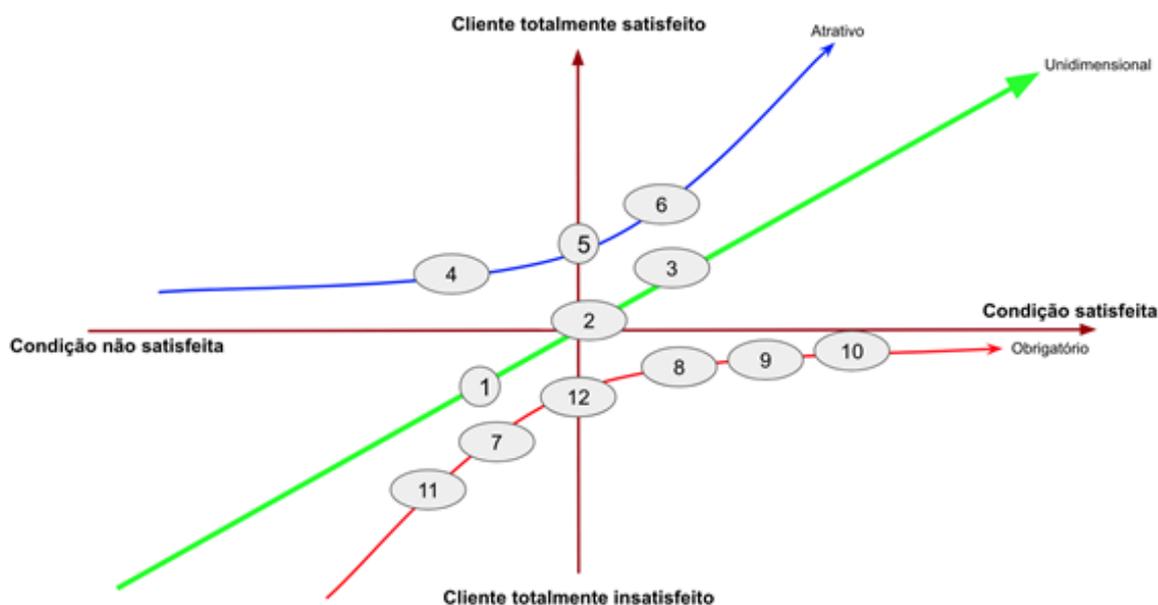
Por meio das entrevistas com os representantes da Universidade, das cooperativas e do galpão dos catadores e das pesquisas realizadas na base de dados *Web of Science*, levantaram-se as necessidades reais dos principais clientes, cooperativa e prefeitura da Universidade de Brasília. As necessidades reais levantadas foram convertidas em requisitos do cliente, totalizando 12 requisitos do cliente, descritos no Quadro 1.

Quadro 1: Requisitos do cliente

Necessidade do Cliente	Requisitos do Cliente
Quero que o lixo esteja separado	Ter o lixo separado
Diminuir o tempo para coletar o lixo	Diminuir o tempo da coleta
Saber se o lixo está cheio	Saber o volume de lixo no container
Maior conscientização da população sobre separação de resíduos	Ter a população conscientizada
Maior previsibilidade	Ter a população mobilizada
Ser mais formal	Ter conhecimento do tipo de resíduo
Ter mais tipos de lixeira	Ter canais de comunicação efetiva
Fácil de usar	Ser uma plataforma intuitiva
Ter maior verba	Ter estrutura que seja a base para o sistema
Mais dados para auxiliar na coleta	Ter acesso aos dados
	Manter banco de dados
	Ter histórico de coleta

Após o levantamento dos requisitos do cliente, realizou-se uma priorização para alcançar os requisitos de produto. Para isso, utilizou-se o Diagrama de Kano, que classifica os requisitos em três diferentes grupos: atrativo, o cliente não espera, mas aumenta muito sua satisfação; unidimensional, quanto maior sua *performance*, maior a satisfação do cliente; e, obrigatório, não são comentados pelo cliente, mas devem estar obrigatoriamente presentes no produto (Figura 5).

Figura 5 – Diagrama de Kano para classificação dos requisitos



Fonte: elaboração própria

O diagrama de Kano é utilizado para classificar cada requisito de acordo com o seu desempenho e a satisfação do cliente. Tal diagrama permite identificar como os requisitos podem influenciar na impressão do cliente sobre o produto, o que possibilita surpreender o cliente. A Figura 5 aponta que os clientes colocam como atrativos os requisitos: ter a população conscientizada, ter a população mobilizada e ter conhecimento do tipo de resíduo. Recomenda-se então o reconhecimento da importância desses requisitos, mas alerta-se que não é um fator crucial e sim atrativo. Ter canais de comunicação efetiva, ser uma plataforma intuitiva, ter estrutura que seja a base para o sistema, ter acesso aos dados, manter banco de dados e ter histórico de coleta, se tornam itens obrigatórios, e que caso seja percebido a sua

ausência, todo o uso consistente pode ser comprometido. O Quadro 2 apresenta os requisitos do cliente classificados conforme as definições do Diagrama de Kano.

Quadro 2 - Classificação para Diagrama de Kano

Requisitos do Cliente	Classificação Diagrama de Kano
1. Ter o lixo separado	Unidimensional
2. Diminuir o tempo de coleta	Unidimensional
3. Saber o volume de lixo no container	Unidimensional
4. Ter a população conscientizada	Atrativo
5. Ter a população mobilizada	Atrativo
6. Ter conhecimento do tipo de resíduo	Atrativo
7. Ter canais de comunicação efetiva	Obrigatório
8. Ser uma plataforma intuitiva	Obrigatório
9. Ter estrutura que seja a base para o sistema	Obrigatório
10. Ter acesso aos dados	Obrigatório
11. Manter banco de dados	Obrigatório
12. Ter histórico de coleta	Obrigatório

Fonte: elaboração própria

Com a classificação determinada, utilizou-se o Diagrama de Mudge para elaborar a qualificação dos requisitos dos clientes. O Diagrama de Mudge (Figura 6) permite hierarquizar os requisitos dos clientes por meio da comparação entre pares, onde cada par de requisitos é avaliado em duas etapas. Foi definido qual dos requisitos é mais importante e, em seguida, determinou-se quanto um requisito é mais importante que o outro, escolhendo uma dentre as seguintes classificações: A, um requisito é muito mais importante que o outro (peso 5); B, um requisito é mais importante que o outro (peso 3); C um requisito é um pouco mais importante que o outro (peso 1); D, ambos os requisitos têm importância semelhante (peso 0).

Figura 6 – Diagrama de Mudge para hierarquização dos requisitos

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
1	1A	1B	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	53
	2	2C	2A	2A	2A	2A	2A	2B	2B	2B	2B	38
		3	3A	3A	3A	3A	3A	3B	3B	3B	3B	37
1	Ter o lixo separado		4	9C	9C	9C	9C	9C	10B	11B	12B	0
2	Diminuir o tempo de coleta			5	5C	7C	10D	9B	10A	11A	11B	5
3	Saber o volume de lixo no contêiner				6	7B	8C	9A	10A	11A	12A	0
4	Ter a população conscientizada					7	7B	9B	10B	11B	12B	7
5	Ter a população mobilizada						8	8D	10A	11A	12A	1
6	Ter conhecimento do tipo de resíduo							9	10C	11C	12C	15
7	Ter canais de comunicação efetiva								10	11C	12C	22
8	Ser uma plataforma intuitiva									11	12C	26
9	Ter estrutura que seja base para o sistema										12	19
10	Ter acesso aos dados											
11	Manter banco de dados											
12	Ter histórico de coleta											

Fonte: elaboração própria

O Diagrama de Mudge, no contexto de um desenvolvimento de um sistema, também permitiu maior clareza das funções que devem ser implementadas antes, de forma que atenda aos requisitos mais latentes dos clientes (Quadro 3).

Quadro 3 – Resultados do Diagrama de Mudge

	Pontuação Mudge	Frequência Acumulada	Porcentagem	Porcentagem Acumulada	Classificação
Ter o lixo separado	53	53	23,8%	23,8%	A
Diminuir o tempo de coleta	38	91	17,0%	40,8%	A
Saber o volume de lixo no container	37	128	16,6%	57,4%	A
Manter banco de dados	26	154	11,7%	69,1%	A
Ter acesso aos dados	22	176	9,9%	78,9%	B
Ter histórico de coleta	19	195	8,5%	87,4%	B
Ter estrutura que seja a base para o sistema	15	210	6,7%	94,2%	C
Ter canais de comunicação efetiva	7	217	3,1%	97,3%	C
Ter a população mobilizada	5	222	2,2%	99,6%	C
Ser uma plataforma intuitiva	1	223	0,4%	100,0%	C
Ter a população conscientizada	0	223	0,0%	100,0%	C
Ter conhecimento do tipo de resíduo	0	223	0,0%	100,0%	C

Fonte: elaboração própria

A quarta etapa da Casa da Qualidade, visando obtenção das especificações-meta do produto, consiste na elaboração dos requisitos do produto, por meio de *brainstorming* e avaliações dos requisitos de clientes.

4.1. Requisitos de produto

A partir da priorização feita com o Diagrama de Mudge, foi possível elencar os requisitos de produto (Quadro 4), realizando-se a quarta etapa da qualidade. Os requisitos de produto geralmente são uma linguagem mais próxima da engenharia, e que permite que estes requisitos sejam posteriormente mensuráveis.

Quadro 4 – Definição dos Requisitos de produto

Requisitos de Produto
Quantidade de separação do lixo
Tempo de coleta
Volume de lixo
Porcentagem da população alvo conscientizada
Porcentagem da população alvo mobilizada
Quantidade de informação sobre tipo de resíduo
Número de canais para comunicação
Tempo de tutorial sobre a plataforma
Tempo para integração entre físico e virtual
Tempo para fazer download dos dados

Fonte: elaboração própria

Alguns requisitos do cliente foram identificados como limitadores dos requisitos funcionais, por impedirem o funcionamento ideal do sistema, além disso não seria possível implementá-los no software. É o caso dos requisitos “ter o lixo separado”, “ter a população conscientizada”, “ter a população mobilizada” e “ter estrutura que seja base para o sistema”. Esses requisitos dependem de ações externas ao software, como uma efetiva campanha de conscientização da população sobre a importância da separação do lixo e que também a mobilize em separar os recicláveis, e depende também de recursos financeiros suficientes para

manter a estrutura física adequada para a coleta do lixo e dos dados para o software. Assim, são requisitos que não dependem do software para implementá-los, mas não implementá-los influencia diretamente na qualidade dos dados. A partir da identificação dos requisitos do produto, definiram-se alguns requisitos funcionais para um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, descritos no Quadro 5.

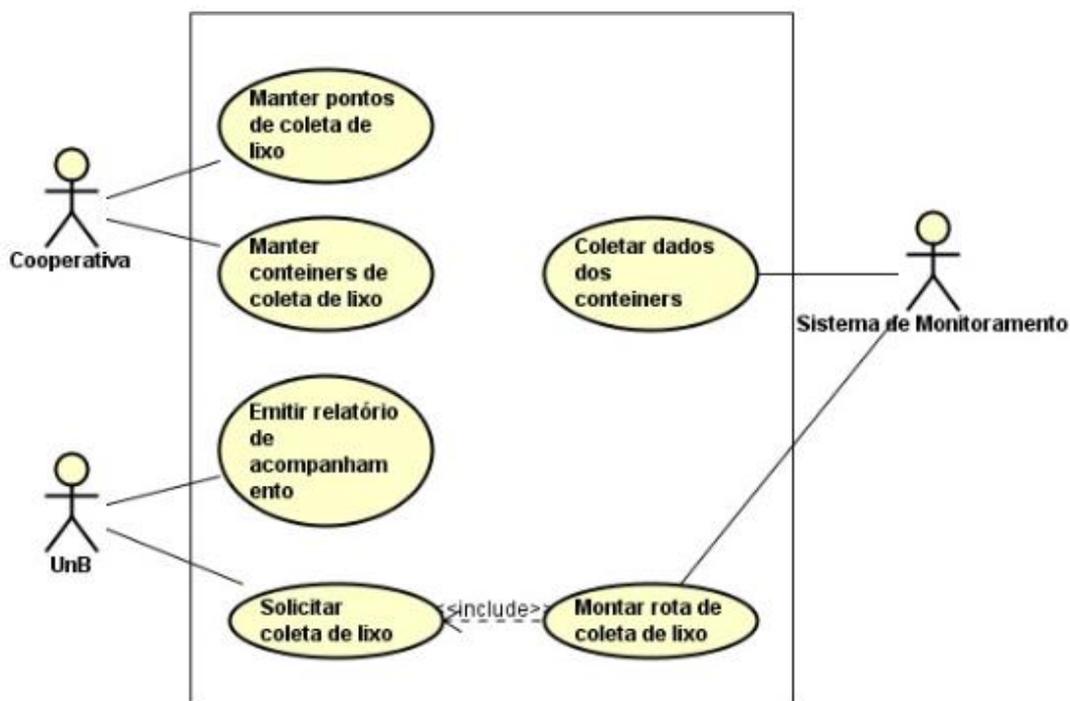
Quadro 5 – Requisitos funcionais para o sistema

Requisito Funcional	Descrição	Requisito do Cliente Atendido
Manter pontos geográficos da coleta de lixo	O sistema deve permitir que o responsável por gerir o sistema registre ou exclua pontos de coleta de lixo, considerando a geolocalização do ponto.	Ter canais de comunicação efetiva
Manter containers de coleta de lixo	O sistema deve permitir que o responsável registre ou exclua os contêineres de lixo com dados.	Manter banco de dados Ter histórico de coleta
Coletar dados dos containers	O sistema deve coletar os dados registrados nos sensores instalados nos contêineres. Os dados seriam: volume de contêineres ocupado; peso do contêiner vazio; peso em tempo real do contêiner; geolocalização do contêiner; última data e hora de coleta do contêiner; tipo de lixo armazenado no contêiner.	Manter banco de dados Ter histórico de coleta Ter conhecimento do tipo de resíduo Saber o volume de lixo no contêiner
Emitir relatório de acompanhamento	O sistema deve permitir a análise dos dados por gráficos e tabelas e emitir um relatório de acompanhamento por região, data de coleta e tipo de lixo.	Ter histórico de coleta Ter acesso a dados
Solicitar coleta de lixo	O sistema deve emitir um alerta quando o volume e o peso do lixo no contêiner atingir um ponto crítico.	Ser uma plataforma intuitiva Ter canais de comunicação efetiva
Montar rota de coleta de lixo	O sistema deve, a partir dos alertas de coleta de lixo emitidos, montar a melhor rota para a coleta de lixo.	Diminuir o tempo de coleta

Fonte: elaboração própria

A fim de obter uma melhor visualização do funcionamento do sistema, a Figura 7 apresenta o Diagrama de Caso de Uso, que relaciona os atores com seus respectivos requisitos funcionais no sistema.

Figura 7 – Diagrama de Caso de Uso para o Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos



Fonte: elaboração própria

O Diagrama de Caso de Uso é uma forma de representação de um sistema. No diagrama em questão, os balões (Casos de Uso) representam requisitos funcionais do sistema; o retângulo em volta dos Casos de Uso indica que tudo o que está dentro faz parte de um mesmo sistema; e, as ligações (linhas) representam o relacionamento do Caso de Uso e do ator que irá utilizá-lo no sistema.

A descrição dos requisitos funcionais e do Diagrama de Caso de Uso são elementos base para a construção de um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos mais eficiente na Universidade de Brasília. Espera-se que essa pesquisa tenha contribuído com insumos para a Universidade, e também para a cooperativa de catadores, uma vez que estão envolvidos indiretamente nesse processo.

5. Considerações finais

Durante o desenvolvimento do projeto, observou-se que obter dados significativos para a gestão da coleta seletiva na UnB e nas cooperativas é uma tarefa difícil e predominantemente manual. Portanto, um sistema de qualidade para monitorar a coleta seletiva de lixo na UnB

ajudaria na gestão dos resíduos sólidos da Universidade tanto em processos licitatórios quanto em rotinas da Universidade.

Observou-se que alguns dos requisitos do cliente precisam ser atendidos antes de executar o desenvolvimento ou a aquisição de um software de gerenciamento da coleta seletiva, pois apesar da já existente preocupação com o tema na instituição de ensino, essa mesma preocupação não é observada nos frequentadores da Universidade dificultando a separação e a coleta seletiva do lixo. Assim, o objetivo de levantar requisitos iniciais para um sistema de qualidade que auxiliasse e melhorasse a eficiência da coleta seletiva foi alcançado, tendo identificado requisitos do cliente atrativos, unidimensionais e obrigatórios que, posteriormente, foram transformados nos requisitos funcionais propostos.

Para estudos futuros, sugere-se aprofundar e detalhar os requisitos do projeto a fim de melhorar os requisitos funcionais apresentados, identificar novos requisitos funcionais e não funcionais; bem como, estudar possíveis formas de implementar o projeto com o auxílio da *Internet of Things* para a coleta e monitoramento dos dados.

REFERÊNCIAS

ABREU, Fábio de Souza. QFD-desdobramento da função qualidade-estruturando a satisfação do cliente. **Revista de Administração de Empresas**, v. 37, n. 2, p. 47-55, 1997.

AGUAYO, R. D. **Deming o americano que ensinou qualidade total aos japoneses**. São Paulo: Record, 1993.

BASU, Anurima Mukherjee; PUNJABI, Shruti. Participation in solid waste management: Lessons from the Advanced Locality Management (ALM) programme of Mumbai. **Journal of Urban Management**, v. 9, n. 1, p. 93-103, 2020.

CETIC - Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação. **Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos domicílios brasileiros - TIC Domicílios**, 2018.

DEMING, W. E. **The new economics: for industry, government, education**. [s.l.] MIT Press, 1993.

HELMS, Billy P.; CLARK, Robert M. Locational models for solid waste management. **Journal of the Urban Planning and Development Division**, v. 97, n. 1, p. 1-13, 1971.

ISHIKAWA, K. **Introduction to Quality Control**. Tokyo: 3A Corporation, 1990.

IYAMU, H. O.; ANDA, M.; HO, G. A review of municipal solid waste management in the BRIC and high-income countries: A thematic framework for low-income countries. **Habitat International**, v. 95, p. 102097,

2020.

JURAN, Joseph M. et al. **Juran on quality by design: the new steps for planning quality into goods and services.** Simon and Schuster, 1992.

MARSHALL JUNIOR, Isnard et al. **GESTÃO DA QUALIDADE.** 9. ed. Rio de Janeiro:Publicações Fgv Management, 2010. 204 p.

OLIVEIRA, José Augusto de et al. Um estudo sobre a utilização de sistemas, programas e ferramentas da qualidade em empresas do interior de São Paulo. **Production**, v. 21, n. 4, p. 708-723, 2011.

PARDINI, Kellow et al. IoT-based solid waste management solutions: a survey. **Journal of Sensor and Actuator Networks**, v. 8, n. 1, p. 5, 2019.

PARDINI, Kellow et al. Smart Waste Bin: A New Approach for Waste Management in Large Urban Centers. In: **2018 IEEE 88th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall)**. IEEE, 2018. p. 1-8.

PHILIP B. CROSBY. **Cost of Quality is Free**, 1979.

PIRES, Verônica Tassinari. **Implantação do controle estatístico de processos em uma empresa de manufatura de óleo de arroz.** 2000.

ROMEIRO, E.; FERREIRA, C. V.; MIGUEL, P. A. C.; et al., **Projeto do Produto.** 1 ed. São Paulo: Campus, 2009.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produto: uma referência para a melhoria do processo.** 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

SHEWHART, W.A. Application of Statistical Method in Mass Production. **Proceedings of the Industrial Statistics Conference Held at Massachusetts Institute of Technology.** Sept 8-9, New York: Pitmar Publishing, 1938.

SLU – Serviço de Limpeza Urbana. **Relatório de encerramento de gestão 2015 – 2018.** Governo do Distrito Federal. Brasil. 2019.

UN ENVIRONMENT (2018). Waste Management Outlook for Latin America and the Caribbean. **United Nations Environment Programme**, © Shutterstock.com Latin America and the Caribbean Office. Panama.

VAZQUEZ, Carlos Eduardo; SIMÕES, Guilherme Siqueira. Tipos de requisitos, restrições e premissas. In: **ENGENHARIA de Requisitos: Software orientado ao negócio.** Rio de Janeiro: Brasport, 2016. cap. 5.

WIT, W. D. et al. **Solucionar A Poluição Plástica: Transparência E Responsabilização.** Suíssa: WWF–Fundo

Mundial para a Natureza, 2019.

ZANETI, Izabel Cristina Bruno Bacellar et al. Grupo de trabalho de resíduos sólidos: coleta seletiva solidária na Universidade de Brasília. In: **Universidade para o século XXI: educação e gestão ambiental na UnB**. 2011. p. 255-260.