

MODELAGEM DE ALGORITMO PARA SISTEMA DE INFORMAÇÃO AMBIENTAL DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

ALGORITHM MODELING FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION SYSTEM FOR CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE MANAGEMENT

Josafá Costa Sousa¹

Angelo Ricardo Balduino²

RESUMO: Os Resíduos de Construção e Demolição(RCD) ocasiona um grande impacto negativo ao meio ambiente em decorrência de manejo inadequado, destes, em obras civis. Dessa forma, necessita-se de uma maior quantidade de matérias-primas em função das perdas ocorridas nas construções civis, tornando imperioso a redução aos impactos ao meio ambiente. Portanto, a informatização e sistematização de processos e registros operacionais em obras é relevante no gerenciamento de resíduos de construção. Nesse, o objetivo é demonstrar um modelo de algoritmo computacional para a criação de um sistema de gerenciamento de resíduos de construção e demolição civil direcionado às empresas de pequeno porte, baseado na linguagem de modelagem gráfica de sistema com orientação a objetos. Tem-se a finalidade de alcançar a redução, a minimização, o reaproveitamento, a reciclagem e a destinação final adequada para os resíduos produzidos em obras de civis observando os normativos legais e as práticas de sustentabilidade. A metodologia aplicada foi a observação direta em canteiros de obras residencial, comercial e edifício de múltiplos pavimentos, com identificação e catalogação dos processos executivos nas etapas construtivas, aplicou-se também a metodologia de revisão bibliográfica, publicações acadêmicas especializadas e a metodologia de pesquisa documental em planilhas orçamentárias e memoriais descritivos de obras para subsidiar as informações na modelagem do sistema. Tem-se como resultado e discussão um modelo de algoritmo computacional gráfico de sistema de gerenciamento de resíduo de construção e demolição. Esse trabalho tem proposição para a área acadêmica, a área de tecnologia da informação e principalmente para o campo da sustentabilidade em obras civis no que concerne o manejo dos Resíduos de Construção e Demolição.

Palavras-chave: Resíduos. Construção. Sustentabilidade. Algoritmo computacional

ABSTRACT: Construction and Demolition Waste (RCD) causes a great negative impact on the environment due to the inadequate management of these in civil works. In this way, a greater quantity of raw materials is needed due to the losses that occurred in the civil constructions, making imperative the reduction to the impacts to the environment. Therefore, the computerization and systematization of processes and operational records in works is relevant in the management of construction waste. In this, the objective is to demonstrate a computational algorithm model for the creation of a system of waste management of construction and civil demolition directed to small companies, based on the graphical modeling language of object oriented system. The purpose is to achieve the reduction, minimization, reuse, recycling and final disposal appropriate for the waste produced in works of civilians observing the legal norms and the practices of sustainability. The methodology applied was the direct observation in residential, commercial and multi-floor building sites, with identification and cataloging of the executive processes in the construction stages, also applied the methodology of bibliographic revision, specialized academic publications and documentary research methodology in budget worksheets and descriptive memorials of

¹ Graduando em Engenharia Civil – Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos

² Graduado em Ciências com Habilitação Plena em Matemática, Mestre em Ciências Ambientais, Doutorando em Ciências do Ambiente – Instituto Tocantinense Presidente Antonio Carlos

works to subsidize the information in the system modeling. We have as a result and discussion a computational algorithm model of construction waste management system and demolition. This work has a proposal for the academic area, the area of information technology and especially for the field of sustainability in civil works in what concerns the management of construction and demolition waste.

Key words: Waste. Construction. Sustainability. Computational Algorithm

1. INTRODUÇÃO

A Construção Civil corresponde a uma parcela significativa de todas as riquezas que são produzidas no país. Desse modo, tornou-se uma cadeia produtiva com alta empregabilidade, consequentemente grande consumidora de recursos naturais, demandando elevada quantidade de matéria prima em comparação com outros setores de base da economia nacional.

Dos materiais requeridos pela construção civil geram-se resíduos, que podem estar associados à má qualidade de projetos de engenharia e à gestão inadequada no canteiro de obras. Por conseguinte, o correto manuseio de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) é de fundamental importância para o correspondente aspecto ambiental, econômico e social dessa atividade empresarial.

Na concepção de projetos de engenharia civil ocorrem os dimensionamentos de insumos desalinhados com o efetivo real da obra, geralmente ocasionando sobredimensionamento de material, e na execução das obras ocorrem perdas pelo uso de técnicas não apropriadas de construção. Estes procedimentos geram prejuízos econômicos às construtoras, maximizam os custos da obra e provoca danos ao meio ambiente devido a manipulação inapropriada dos RCD's.

Em um cenário de mercado competitivo, a boa gestão no canteiro de obras é fator imprescindível à sobrevivência econômica da organização empresarial. Alia-se a essa competitividade o crescimento da responsabilidade no cumprimento da legislação ambiental, seja demandado pela sociedade, seja pelos órgãos públicos de regulamentação e fiscalização ou pela necessidade de mudança no padrão de consumo.

Dessa forma, as prestadoras de serviços de obras civis devem desenvolver gestão eficiente, tornando-a habilitada para o desenvolvimento das atividades de forma exitosa atendendo a legislação correlata ao tema e as demandas socioambientais.

Neste aspecto, o desenvolvimento de novas tecnologias e novos modelos construtivos com vistas a reduzir, reutilizar, reciclar (3R's) e dar uma adequada destinação de resíduos de construção e demolição geram ativos intangíveis importantes na organização empresarial. Destacam-se as boas práticas de gestão de insumos de obras, associadas ao uso da tecnologia da informação evitando-se o impacto ambiental dos RCD's.

O processo de gerenciamento de RCD gera fluxo de informações e controles que podem ser facilitados por meio da sistematização e automatização de processos e registros com o auxílio da informática objetivando a racionalização dos materiais associados às devidas etapas construtivas e serviços de obras.

A Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) torna-se ferramenta imprescindível na consecução da sustentabilidade e menor custo dos serviços de engenharia, auxiliando adequadamente no processo construtivo. Assim sendo, os modelos produtivos antigos devem ser superados, e adotado novas metodologia tecnológicas de construção.

No que se refere ao desenvolvimento tecnológico, à aplicação de software ou programas de informática é base em todas as áreas do conhecimento na busca pelo resultado esperado, não sendo diferente na construção civil. Assim sendo o desenvolvimento de sistemas informatizados perpassa necessariamente pela fase de criação de algoritmo computacional.

O algoritmo computacional é o estabelecimento de regras determinadas e definidas, atendendo aos requisitos de um problema específico através de uma sequência lógica. Cabendo a interpretação dessas regras ao computador.

Diante do panorama exposto, o presente trabalho propõe um modelo de algoritmo computacional para um sistema de gerenciamento de resíduo de construção e demolição, direcionado às empresas de pequeno porte, destinado a auxiliar na prevenção qualitativa e quantitativa de materiais, observando as normas regulamentadoras sobre o tema.

2. REFERÊNCIA TEÓRICO

A estruturação do tema que integra o referencial teórico está composto de breve histórico da construção civil como fator de desenvolvimento econômico, a importância da sustentabilidade ambiental em obras civis e a redução de resíduos, o conceito de sustentabilidade e RCD, abrange os normativos legais enfocando a importância do cumprimento da legislação de modo a evitar ocorrências legais e impositivas de paralisação da edificação.

Enfatiza a importância da implantação e execução do Plano de Gerenciamento de RCD, e a economia gerada na obra pelas práticas de redução e minimização de resíduos, a conceituação de gestão, norma e regramento. E, aborda a tecnologia da informação e comunicação (TIC) como suporte as boas práticas de gerenciamento na construção civil, no auxílio a formulação de políticas e gerenciamento de RCD, descreve o sistema de gerenciamento, define algoritmo computacional, linguagem de programação para algoritmos e sistema informatizado de gerenciamento.

2.1 RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO – CONTEXTUALIZAÇÃO

O processo de apropriação de recursos naturais foi acentuado em dois períodos históricos, com o surgimento da moeda e da revolução industrial. A revolução industrial acelerou exponencialmente a geração de resíduos, devido a dinamização dos processos produtivos e ou aumento da produtividade. Iniciativas pontuais de tratamento de resíduos são registradas ao longo da história, como o processamento de entulho de construções em escória de alto-forno, dentre outras ações, ainda no início do século, mas sem o olhar de preservação ambiental (NAGALLI, 2014).

Dessa forma faz-se necessário o entendimento do que venha a ser Resíduo de Construção e Demolição (RCD), e suas diferenças entre outros termos assemelhados, quais sejam os resíduos sólidos, rejeito e lixo, de acordo com a literatura publicada e normas brasileiras.

Segundo a norma NBR 1004 (ABNT, 2004, p. 1) que trata de resíduo sólido traz a seguinte definição:

Qualquer forma de matéria ou substância no estado sólido ou semissólido, que resulte de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços e de variação. Ficam incluídos nesta os lodos provenientes do sistema de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível.

Para a norma NBR 15112 (ABNT, 2004, p.1) refere-se a resíduo volumoso conceituando de:

Resíduo constituído basicamente por material volumoso não removido pela coleta pública municipal, como móveis e equipamentos domésticos inutilizados, grandes embalagens e peças de madeira, podas e outros itens não provenientes de processos industriais.

A resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) apresenta Resíduo de Construção e Demolição (RCD) como:

[...] São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, calça ou metralha. (Ministério do Meio Ambiente, Brasil 2017)

Nagalli (2014. p. 12) define lixo por: “Os restos das atividades considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, e que se apresentam, geralmente, em estado sólido, semissólido ou semilíquido”. E entulho ou metralha, conhecido como calça, são resíduos de obras e demolições que formam um conglomerado de diferentes materiais, tornando-se onerosa para o reaproveitamento ou reciclagem, ocasionado pela falta de gerenciamento.

2.2 FONTES DE GERAÇÃO DE RCD

A construção civil nacional caracteriza-se na produção de bens e serviços pelo baixo nível de tecnologia que agrega na sua execução, quando comparado com países de primeiro mundo. Consequentemente há um consumo intensivo de mão-de-obra e matérias-primas natural e processada (CARVALHO, 2008).

Estudos realizados apontam a origem dos RCD's, distribuído da seguinte forma: As reformas geram 59%, os prédios novos geram 21% e as residências novas são responsáveis por 20% da produção de resíduos de construção civil (SUZUKI 2009).

Com referência ao manejo dos materiais e execução dos serviços de engenharia, Suzuki (2009) especifica os seguintes procedimentos inadequados: Mão de obra sem qualificação; O manejo, transporte e

armazenamento inapropriado dos materiais; A ineficiência nos mecanismos de controle durante a execução da obra; A falta de processos de reutilização e reciclagem no canteiro de obras, dentre outros fatores.

O Quadro 1 apresenta a associação entre etapas de serviços no desenvolvimento da obra versus perdas ou desperdícios de materiais.

Quadro-1: Perdas de materiais x Etapas construtivas

Materiais	Perda de materiais associadas a etapas de construção (%)		
	Média	Mínimo	Máximo
Concreto Usinado	9	2	23
Aço	11	4	16
Blocos e tijolos	13	3	48
Placas Cerâmicas	14	2	50
Revestimento têxtil	14	14	14
Eletrodutos	15	13	18
Tubos para sistemas prediais	15	8	56
Tintas	17	8	24
Condutores	27	14	35
Gesso	30	14	120

Fonte: Sousa, 2005

Os maiores índices de perdas estão associados aos materiais de gesso, às placas cerâmicas e aos blocos de tijolos, respectivamente, considerando o valor máximo do Quadro 1, demonstrando o quanto deve ser perseguido a redução desses resíduos.

2.3 CLASSIFICAÇÃO DE RCD'S

A resolução 307/2002 CONAMA, foi o marco no disciplinamento de resíduos de construção civil, este normativo estabeleceu a classificação de resíduos especificamente da área de construção civil, entretanto a NBR 1004/2004 (ABNT) em momento posterior adotou outra classificação de forma mais abrangente para a designação, mas somente resíduos. Os Quadros 2 e 3 sintetizam essas classificações distintas.

Quadro 2: Classificação de Resíduos de acordo com NBR 1004/2004

Classificação	Características
Classe I – Perigosos	Aqueles que em função das propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas podem apresentar riscos à saúde pública ou ao meio ambiente, ou ainda apresentem características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.
Classe II A – não inertes	Aqueles que não se enquadram na classificação de perigosos e nem na de inertes
Classe II B – inertes	Aqueles que em contato com água destilada ou deionizada não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentração superiores ao padrões de potabilidade de água, à exceção dos padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor – contato estático ou dinâmico, à temperatura ambiente e conforme teste de solubilização segundo a NBR 1006.

Fonte: NBR 1004/2004 (ABNT)

Quadro 3: Classificação de RCD de acordo com a Resolução CONAMA 307/2002 com alterações

Classificação	Características	Exemplos de Resíduos
Classe A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.	a) De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) De construção, demolição, reformas e

		reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.
Classe B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; <i>(Redação dada pela Resolução nº 469/2015)</i>	Plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeira.
Classe C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; <i>(Redação dada pela Resolução nº 431/11).</i>	Massa corrida, massa de vidro.
Classe D	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. <i>(Redação dada pela Resolução nº 348/04).</i>	Tintas, solventes, óleos e outros, ou os contaminados oriundos de demolição, reforma e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2018)

As Normas Brasileiras, expostas nos quadros 2 e 3, foram seguida e observadas no levantamento dos requisitos e elaboração de documentação do algoritmo do sistema de gerenciamento.

2.4 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RCD

A gestão é um processo amplo e compõe-se de políticas, leis e regulamentos que norteiam e direcionam a atuação dos agentes envolvidos no gerenciamento. Os aspectos do gerenciamento dos RCD's em obras civis têm o intuito de assegurar a correta gestão dos resíduos, auxiliando no desenvolvimento das atividades de execução dos serviços de engenharia e obras (NAGALLI, 2014).

A resolução CONAMA 307/2002 definiu gerenciamento de resíduos de construção civil como:

[...] conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. (Ministério do Meio Ambiente, Brasil 2017)

Nagalli (2014) aponta os atores envolvidos no processo de gerenciamento de RCD, e responsáveis pela eficiência dos procedimentos, são eles: Geradores de RCD, transportadores, destinatários e fornecedores. Em lado externo aos procedimentos estão os agentes licenciadores e de fiscalização, auditores, consultor, pesquisadores e clientes.

2.5 SISTEMA INFORMATIZADO DE GERENCIAMENTO DE RCD.

O fluxo das informações geradas pela documentação de um processo operacional, e ao mesmo tempo, o registro dessas informações, devem ser facilitado pelo uso da tecnologia da informação. Dessa

forma, necessita-se de Sistema de Informação Computacional (SI) que auxiliem a captura e o tratamento dos dados do processo operacional.

Um SI pode ser definido como um grupo de componentes, que se relaciona, objetivando a coleta, o processamento, o armazenamento e a distribuição da informação para dar suporte à alguma tomada de decisão e no controle organizacional (LAUDON, 2011).

Desse modo entendemos que um Sistema de Informação depura dados brutos em informações de utilidade para a finalidade operacional ou de gestão da empresa.

2.5.1 Classificação de sistema de informação

A classificação de Sistema de Informação (SI) não é uma conceituação rígida, pois se adapta a cada requisito ou condições do negócio, sendo essa classificação muitas vezes denominada pela própria empresa ou organização que utiliza o SI.

Apresentamos abaixo as classificações de acordo com a literatura reconhecida sobre alguns sistemas de informação, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4: Conceitos sistema de informação

Autor	TIPO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO (SI)	Conceito/Definição
O'Brien(2001)	Sistema de Informação Operacional(SIO)	Processa as informações e transações rotineiras da empresa, podendo incluir também os respectivos procedimentos. O SIO processa eficientemente transações, controla processos industriais, apóia a comunicação e colaboração dentro da empresa.
Rezende(2011)	Sistema de Informação Estratégico (SIE)	Neste tipo de sistema as informações são tratadas de modo a permitir que a alta gestão da empresa possam tomar decisões estratégica de acordo com o refinamento dos dados, fornecendo gráficos, relatórios dentre outras requeridas.
O'Brien(2001)	Sistema de Informação Gerencial (SIG)	O Sistema de Informações Gerenciais difere-se do SIE pelo nível hierárquico de utilização do usuário, neste caso os usuários são gerentes que necessitam de dados para tomar as decisões
Piper <i>et al.</i> (2000)	Sistema de Informação Ambiental (SAI)	Um SIA deve auxiliar na tomada de decisão ambiental além de incentivar a interação entre os atores envolvidos ambientalmente.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

2.6 A ENGENHARIA DE SOFTWARE APLICADA AO SISTEMA DE INFORMAÇÃO AMBIENTAL DE GERENCIAMENTO DE RCD (SIA –GRCD)

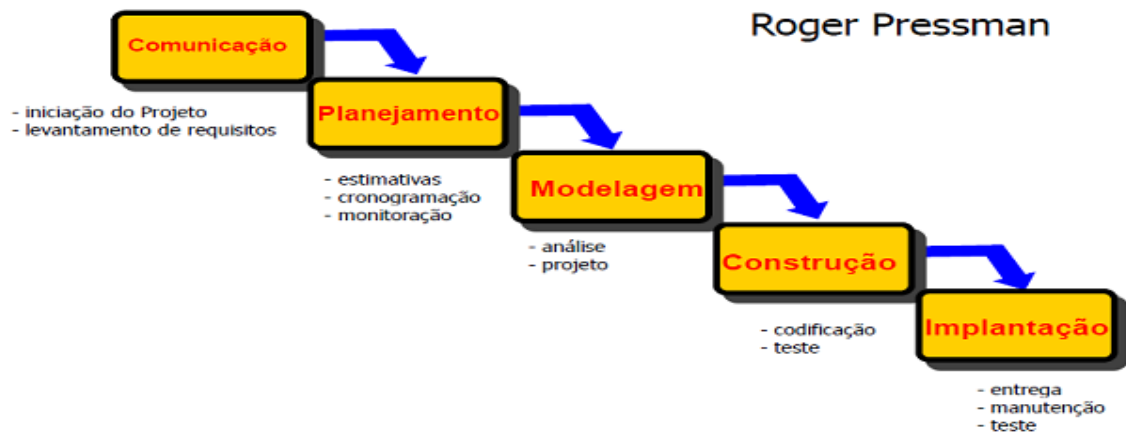
O campo de atuação da engenharia de software é vasto, pois é uma disciplina que se ocupa de todos os aspectos relativos a produção de software, que perpassa desde os estágios iniciais de especificação de sistema até a entrega e a manutenção do mesmo (SOMMERVILLE, 2005).

Segundo Pressman (2006), conhecer um modelo de processo que descreva os procedimentos da organização é de fundamental importância, estruturando atividades do processo operacional em suas respectivas fases, bem como a definição da inter-relação entre essas. Os modelos de desenvolvimento de software, de acordo com o ciclo de vida do processo organizacional, foram definidos abaixo.

- Modelo sequencial linear, neste a abordagem o desenvolvimento é sequencial no desenvolvimento do software, denomina-se de modelo em cascata ou ciclo de vida clássico (PRESSMAN, 2006).

A ilustração a seguir visualiza o modelo em cascata, conforme a FIG. 1.

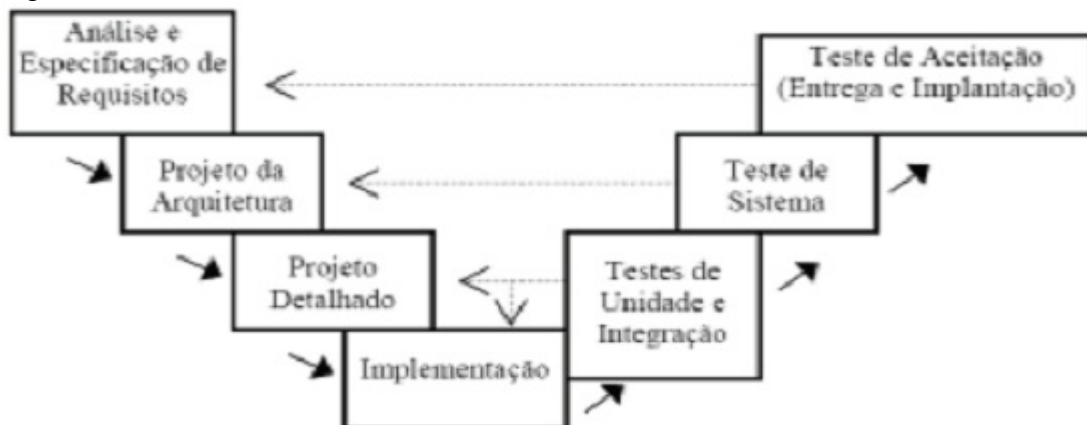
Figura 1: Modelo de desenvolvimento de software em cascata



Fonte: Sousa, 2015

- Modelo de desenvolvimento em V, trata-se de um modelo de desenvolvimento de software onde procura-se estreitar as relações entre as atividades de teste (unidade, integração, sistema e teste de aceitação) e as demais fases do processo. Em uma variação do modelo sequencial, de acordo com Pressman (2006) ilustrado na FIG. 2.

Figura 2: Modelo de desenvolvimento de software V



Fonte: Sousa, 2015

- Modelo de prototipagem;
- Modelo RAD – rapid application development.

Neste trabalho adotou-se o desenvolvimento do levantamento dos requisitos, que faz parte da comunicação, e análise do projeto com a respectiva modelagem do algoritmo do sistema de gerenciamento de RCD. As outras fases do desenvolvimento será tratada em trabalhos futuros, conforme interesses

acadêmico e comercial do Sistema de Informação Ambiental de Gerenciamento de RCD (SIA-GRCD). Esta é a fase mais importante no desenvolvimento de software, sem ela, as demais não existirão.

2.7 ALGORITMO COMPUTACIONAL PARA SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RCD (SIA –GRCD) – ASPECTO TÉCNICOS

O funcionamento de um computador eletrônico é dependente da sua programação, e o processo de programação é uma conversa controlada entre o ser humano e o computador. Esse processo de comunicação se faz com o uso da linguagem de programação que deve ser interpretada e entendida pela máquina. As linguagens de máquinas, são de baixo e alto nível, sendo que as de alto nível possibilitam maior comunicação com o computador, pelo fato de serem próximos a comunicação humana, pois baseiam-se em códigos entendidos pelos humanos. Destaca-se entre as linguagens de alto nível a FORTRAN, COBOL, BASIC, PASCAL, C, JAVA, Lua, C++, entre outras. Enquanto as linguagens baixo nível, conhecidas como linguagem de máquinas, são de grande dificuldade e entendimento para os humanos, como exemplo temos a assembly (MANZANO, 2010).

É necessário o entendimento de algoritmo computacional, para que serve? Como utilizá-lo? De que forma deve ser escrito. Para trazer esse entendimento apresentamos sucintamente as principais definições de algoritmo computacional, conforme o Quadro 5.

Quadro 5: Conceitos de algoritmo computacional

Autor	Conceito/Definição
Manzano(2010)	Conjunto de regras sequenciais e bem definidas a partir do entendimento lógico de um problema a ser resolvido por um programador com o objetivo de transformá-lo em um programa que seja possível ser tratado e executado por um computador.
Berg & Figueró (1998)	É um processo sistemático para a resolução de um problema.
Berlinsk	Algoritmo é um método finito, escrito em um vocabulário simbólico fixo, regido por instruções precisas que se movem em passos discretos, 1, 2, 3..., cuja execução requer <i>inght</i> , esperteza, intuição, inteligência, ou clareza e lucidez, que mais cedo ou mais tarde chega ao fim.
Forbellone & Eberspacher (2000)	Conjunto de regras formais para obtenção de um resultado ou solução de um problema, englobando fórmulas de expressões aritméticas ou lógicas de programação.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Ainda segundo Manzano (2010), o desenvolvimento do projeto lógico de um sistema são idealizados e utilizados ferramentas gráficas e/ou textuais. As ferramentas gráficas são denominadas diagrama de blocos, conforme a norma ISO 5807:1985. O modelo de codificação textual de um programa pode ser usado na técnica chamada PDL (Program Design Language), na literatura brasileira denomina-se Português Estruturado, que nada mais é do que uma linguagem de projeto de programação, esta serve como documentação do software.

Portanto, o projeto lógico, é a parte de desenvolvimento de software idealizado utilizando ferramentas gráficas e textuais. A linguagem textual utilizada no desenvolvimento do SIA-GRCD foi o Português Estruturado. O uso desta linguagem possibilita demonstrar de forma concreta a linha de raciocínio lógico no desenvolvimento do programa.

2.8 MODELAGEM DO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE RCD

Cerqueira (2007) afirma que a modelação de um processo de negócio é um conjunto de atividades ordenadas englobando os atores responsáveis pelas ações dentro do processo de forma a abstrair e modelar o trabalho da organização ou da empresa.

O propósito da modelagem é fornecer uma visão global do negócio ou do processo em análise. Sem a modelagem, a identificação do processo ou negócio torna-se dispendiosa, devido à complexidade e as inúmeras informações que envolve o procedimento.

Desse modo, a modelagem do negócio provisiona uma visão de fácil entendimento da composição dos processos que compõe o negócio. A mesma possibilita comunicar e documentar as atividades analisadas e compreende-las.

2.8.1 Linguagem de Modelagem Unificada - UML

Na modelagem de processos são utilizadas linguagem de diagramação com o objetivo de especificar, visualizar e documentar os modelos de sistema de software orientados a objetos, dentre essas, destaca-se a Linguagem Unificada de Modelagem (UML) voltada ao desenvolvimento de modelos de sistemas de software orientados a objetos, a UML foi desenvolvida pela Object Mangement Group - OMG (VALENTE, 2007).

Santos (2009) afirma que especificar, documentar, visualizar e construir modelos e diagramas de software é recomendável o uso da UML, pois inclui desde os SI' a serem projetados até às aplicações web e sistemas complexos.

A especificação e modelagem do SIA-GRCD foi desenvolvida nos diagramas caso de uso e de classe, os dois pertencentes a linguagem UML.

3. METODOLOGIA

O método de pesquisa consiste em um conjunto de regras e procedimentos aceitos pela comunidade acadêmica, para a construção do conhecimento científico (ANDERY, 2012).

A área de estudo no campo, desse trabalho, foi desenvolvido em canteiros de obras localizados nos Municípios de Porto Nacional e Palmas, cidades pertencentes ao Estado do Tocantins, conforme o Quadro 6.

Quadro 6: Metodologia e caracterização das áreas de estudos - Canteiros de obras

Obra	Metodologia			
	Frequência de visitas	Atividades realizadas	Local	Caracterização
Residência - 154m ²	Visitas realizadas uma vez por semana	Observação do processo construtivo da edificação, sem interferência no mesmo; Relatório fotográfico do canteiro de obra e das etapas construtivas; Identificação do processo de gerenciamento de RCD's associado a cada etapa construtiva (Fundação,	Porto Nacional-TO	Obra residencial térrea, em bloco cerâmico, revestimento argamassado, cobertura de madeira e telha de concreto
Edifício público – Auditório –	Visitas realizadas uma		Porto Nacional-	Obra pública – Auditório – Localizado no <i>Campus</i> Porto

área construída 650 m ²	vez por semana	superestrutura, vedação e revestimentos); Registro do fluxo dos processos construtivos envolvidos em cada etapa da obra anotando os procedimentos adotados Análise das planilha orçamentária e o memorial descritivo da obra; Análise de contratos de transporte de RCD's; Análise da logística de requisição e acondicionamento de materiais para a obra;	TO	Nacional do Instituto Federal do Tocantins. Caracterizada por pavimento térreo, com vedação em bloco cerâmico, revestimento argamassado externo e interno, estrutura metálica da cobertura e telha acústica com revestimento de zinco.
Edifício comercial com múltiplos pavimentos – área construída 8.600m ²	Visitas realizadas quinzenalmente		Palmas-TO	Edificação com subsolo térreo e quatro pavimentos. Vedação em bloco cerâmico, revestimento argamassado, cobertura impermeabilizada, esquadrias em vidros temperados e divisão interna em paredes drywall.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

3.1 TÉCNICAS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A definição de um planejamento de coleta de dados e análise destes dados está intrinsecamente relacionada a questão da pesquisa (LIBRELATO, 2012). Em função disto as técnicas de coleta e análise de dados é de extrema importância para garantir a operacionalização da pesquisa e os trabalhos definidos pelo pesquisador.

Apresenta-se as múltiplas técnicas de coleta e análise de dados para a concepção do modelo de algoritmo e suas respectivas metodologias, de acordo com o Quadro 7.

Quadro 7: Metodologia das técnicas de coleta e análise de dados utilizadas

Ação	Técnicas	Pesquisa
Coleta de Dados	Documental	Análise a planilha orçamentária e Memorial descritivo das obras pesquisadas. Esta pesquisa teve o objetivo de verificar se existia planilha com quantitativo detalhado de serviços e suas respectivas descrições.
	Bibliográfica	Pesquisa na bibliografia específica em contato direto com o desenvolvimento do modelo
	Entrevista Verbal	Conversação com os atores (mestre de obras, empreiteiros, gerentes) envolvidos na construção civil e sobre os processamento gerenciamento de RCD.
	Observação Direta	O observador identificou determinadas características do processo construtivo e geração de RCD adotando a técnica de realizando as anotações observadas e com os devidos relatórios fotográficos.
Ação	Técnicas	Definições
Análise de Dados e Projeto do Software	Levantamento dos requisitos	Para o entendimento do negócio e levantamento dos requisitos foi aplicada a técnica <i>role playing</i> ou etnografia.
	Análise do Processo e projeto do algoritmo computacional	Com os dados obtidos da etapa levantamento de requisitos fez-se um estudo minucioso dos requisitos e definiu as melhorias a ser implementada no processo construtivo de serviços de engenharia de forma a utilizar de forma racional os insumos, como consequência gerando a menor quantidade de RCD a ser gerido pelo executor. Nesta etapa foi utilizado os diagramas de caso de uso e de classe da UML.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018), adaptado de Dresch, Lacerda e Júnior (2015)

Segundo Leffingwell & Widrig (2000) a técnica de etnografia ou role playing torna-se importante em processos onde o usuário ou gerente não consegue identificar ou transmitir com clareza às informações necessárias para o levantamento dos requisitos. Esta técnica consiste em observar o usuário ou processo analisado no seu cotidiano, ou seja, o observador anota todos os passos do processo sem ocasionar nenhuma interferência ao procedimento.

A análise do processo e o desenvolvimento do projeto do algoritmo computacional foi desenvolvido em escritório com o auxílio de computador pessoal e a utilização do software editor de diagrama DIA versão 0.97.2 e a especificação dos requisitos e suas funcionalidades foi efetivada em processador de texto da MS-WORD.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A observação direta aos canteiros de obras, já especificados, avaliou os processos sob o foco da racionalização de materiais e métodos construtivos e os procedimentos quanto a produção e a gestão de RCD, os resultados obtidos estão disposto no quadro 8, conforme demonstrado.

Quadro 8: Resultados da observação direta nos canteiros de obras

OBRA	COLETA DOCUMENTAL		ETAPAS CONSTRUTIVAS	MÉTODOS CONSTRUTIVO		GEROU/TR ATOU RCD
	PLANEJAMENTO	POSSUI		C ³	R ⁴	
Residência Térrea 154m ²	Projeto Gráfico	Sim	Fundação	Sim	Não	Sim/não
	Planilha orçamentária analítica, sintética e composição de insumos.	Sim	Infraestrutura	Sim	Não	Sim/não
	Memorial descritivo	Não	Superestrutura	Sim	Não	Sim/não
	Plano de gestão de RCD	Não	Vedação	Sim	Não	Sim/não
	Gestão e controle da Obra Informatizada	Não	Cobertura	Sim	Não	Sim/não
Edifício público – Auditório – área construída 650 m ²	Projeto Gráfico	Sim	Fundação	Sim	Não	Sim/não
	Planilha orçamentária analítica, sintética e composição de insumos.	Sim	Infraestrutura	Sim	Não	Sim/não
	Memorial descritivo	Não	Superestrutura	Sim	Não	Sim/não
	Plano de gestão de RCD	Não	Vedação	Sim	Não	Sim/não
	Gestão e controle da Obra Informatizada	Não	Cobertura	Não	Sim	Sim/não
Edifício comercial com múltiplos	Projeto Gráfico	Sim	Fundação	Não	Sim	Sim/não
	Planilha orçamentária		Infraestrutura	Sim	Não	Sim/não

³ Método convencional de construção civil que não utiliza técnicas que agregam novas tecnologias e materiais (SOUSA, 2005).

⁴ Método Racional de construção utiliza técnicas construtivas que ocasionam menor consumo de insumos e menor impacto ao meio ambiente (SOUSA, 2005).

pavimentos – área construída 8.600m ²	analítica, sintética e composição de insumos.	Sim				
	Memorial descritivo		Superestrutura	Sim	Sim	Sim/não
	Plano de gestão de RCD	Não	Vedação	Sim	Sim	Sim/não
	Plano de gestão de RCD	Não	Cobertura	Não	Sim	Sim/não
	Gestão e controle da Obra Informatizada	Não				

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018)

Do quadro exposto conclui-se que não há controle informatizado nas obras pesquisadas e conforme observado a gestão ocorre de forma empírica, com requisição e controle de materiais e insumos sem o menor controle de produção, acondicionamento e armazenamento. Em todas as etapas analisadas houve a geração de RCD, entretanto não houve tratamento e nem segregação dos mesmos, sendo formada a calça de obras e retiradas para aterro municipal sem controle de transporte ambiental. Em trabalhos futuros poderá ser detalhado o quantitativo dos principais resíduos gerados em cada etapa construtiva.

4.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS - REQUISITOS DO SIA-GRCD

Com base nas observações e dados obtidos nas obras analisadas que serviram como fundamento para o levantamento dos requisitos, gerou como resultado um documento de especificação. Neste estão listados os quesitos fundamentais para o desenvolvimento do SIA-GRCD.

No documento de especificação de requisitos obtém-se uma visão global do sistema, as principais funcionalidades organizadas em cadastro de obras, cadastro de execução e gerenciamento de RCD, sendo esses os principais módulos do sistema, conforme se apresenta no quadro 9.

Quadro 9: Especificação dos requisitos

REQUISITOS FUNCIONAIS DO SIA-GRCD	
Cadastrar Usuário gerente do projeto	Id, nome, endereço, cidade, uf, rg, órgão expedidor, cpf, ctps(contrato de trabalho), crea, cargo gerente (tático, operacional), data de nascimento, sexo, data de ingresso na empresa, telefone, nível de acesso.
Cadastrar Obra	Id, nome, endereço, cidade, uf, quantidade(m ²), Registro CREA, Licença ambiental, data de Início, data de término, contratante, valor (R\$, US\$, €).
Cadastrar Serviço	Id, nome, endereço, cidade, uf, quantidade(m ²), Registro CREA, Licença ambiental, data de Início, data de término, contratante, valor (R\$, US\$, €).
Cadastrar Demolição	Id, nome, endereço, cidade, uf, quantidade(m ²), Registro CREA, Licença ambiental, data de Início, data de término, contratante, valor (R\$, US\$, €).
Cadastrar Projeto básico e executivo - obra/serviço/ demolição	Id, nome, etapa, subetapa, item, quantidade, valor unitário (R\$, US\$, €), cronograma(dias), fator de equipe, fator de cronograma, fator de fiscalização, fator de sobra, fator de recorrência do resíduo
Cadastrar equipe de colaboradores	Id, nome, endereço, cidade, uf, rg, órgão expedidor, cpf, ctps(contrato de trabalho), crea, profissão, data de nascimento, sexo, escolaridade, data de ingresso no projeto, data de ingresso na empresa, telefone, email, tempo de experiência(CTPS),
Cadastrar acondicionamento e Armazenamento de RCD	Id, nome, tipo (baia, caçamba, bombonas, sacos, pilhas, outros), tempo(dias), classe(A, B, C, D), código de cor(Azul, vermelho, Verde, Amarelo, Preto, Laranja, Branco, Roxo, Marrom, Cinza), data da coleta, local de destino final, autorização ambiental, validade.
Cadastrar prestadores de serviços de transporte RCD	Id, nome, empresa, endereço, cidade, uf, cnpj/cpf, inscrição municipal, inscrição estadual, alvará, telefone, autorização ambiental, validade.

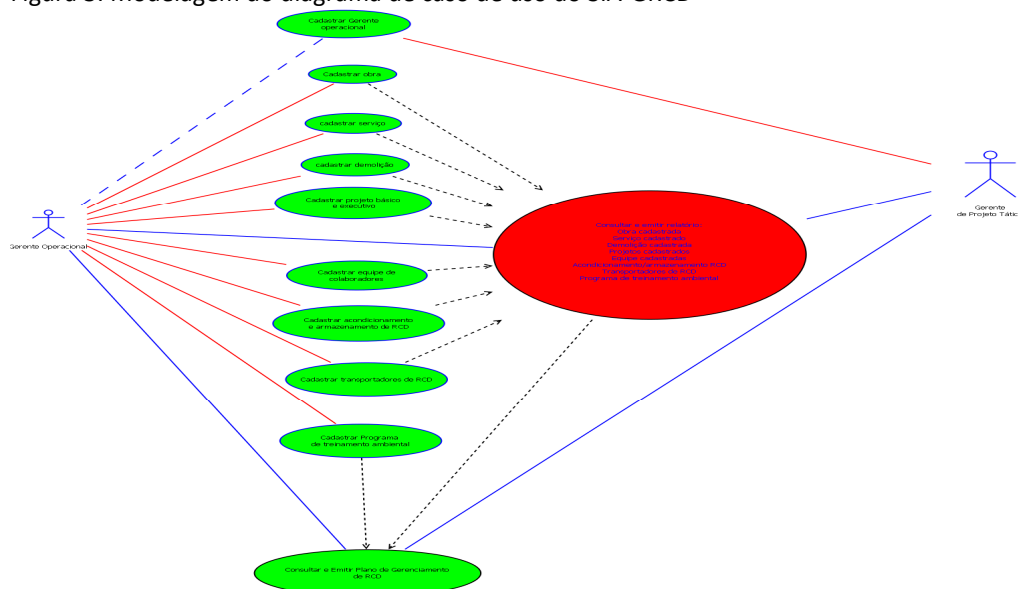
Cadastrar programa de treinamento ambiental	Id, nome, capacitação, ação, uso racional de material, nome do gerente responsável, data de início, data de término.	
Relatórios de Cadastro – Programa de gerenciamento de RCD	Cadastro usuário	
	Cadastro da obra/serviço/demolição	
	Cadastro da equipe colaboradores	
	Cadastro do acondicionamento e armazenamento	
	Cadastro de programa de treinamento ambiental	
REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS		
Descrição	Restrição	Categoria
Controle de acesso	Usuário deve possuir certificação digital para ter permissão de acesso ao SIA-GRCD	Segurança
Compatibilidade	O sistema deve ser compatível com os navegadores Mozilla Firefox, Google Chrome, Internet explorer.	Portabilidade
Navegabilidade	Usuário deve possuir apenas conhecimento básico de informática	Usabilidade
Backup	O armazenamento de dados devem ser em storage nas nuvens ou em banco de dados próprios, conforme dispuser a arquitetura do sistema.	Confiabilidade

Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

4.2 ANÁLISE E PROJETO DO SIA-GRCD

Apresenta-se abaixo o diagrama caso de uso da UML, onde é exposto o modelo funcional do SIA-GRCD, neste diagrama demonstra-se as funcionalidades do software na visão do usuário. O diagrama apresenta o operador gerente tático que realiza o cadastro do gerente operacional, por sua vez este fará todas as operações manuais do sistema tais como: Cadastrar as obras, serviços e demolições, associados aos fatores de estimativa e uso racional de RCD. Cadastra ainda os colaboradores (Engenheiro, mestre de obras, pedreiro, dentre outros) com os seus respectivos requisitos, efetiva o cadastramento do treinamento ambiental dentre outros, e por fim o sistema fará o processamento e gerará os relatórios conforme requisição parametrizada. Na figura 3, expõe-se o diagrama de caso de uso do software.

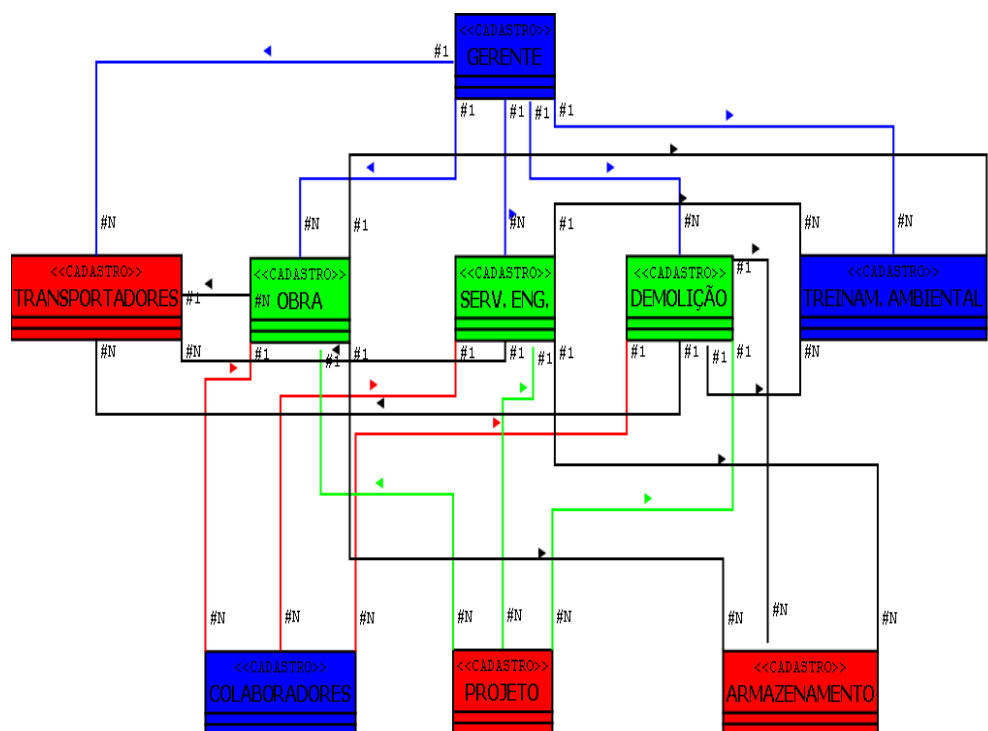
Figura 3: Modelagem do diagrama de caso de uso do SIA-GRCD



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

Nesta etapa há o delineamento do diagrama de classes, onde detalha a estática estrutural da organização, empresa de construção civil, foi detalhado apenas as classes sem atributos e seus respectivos métodos, que serão elaboradas em trabalhos futuros quando da implantação do sistema em modelo de negócio próprio. De acordo com o observado a figura 4, detalha a estrutura da organização.

Figura 4: Modelagem do diagrama de classes do SIA-GRCD



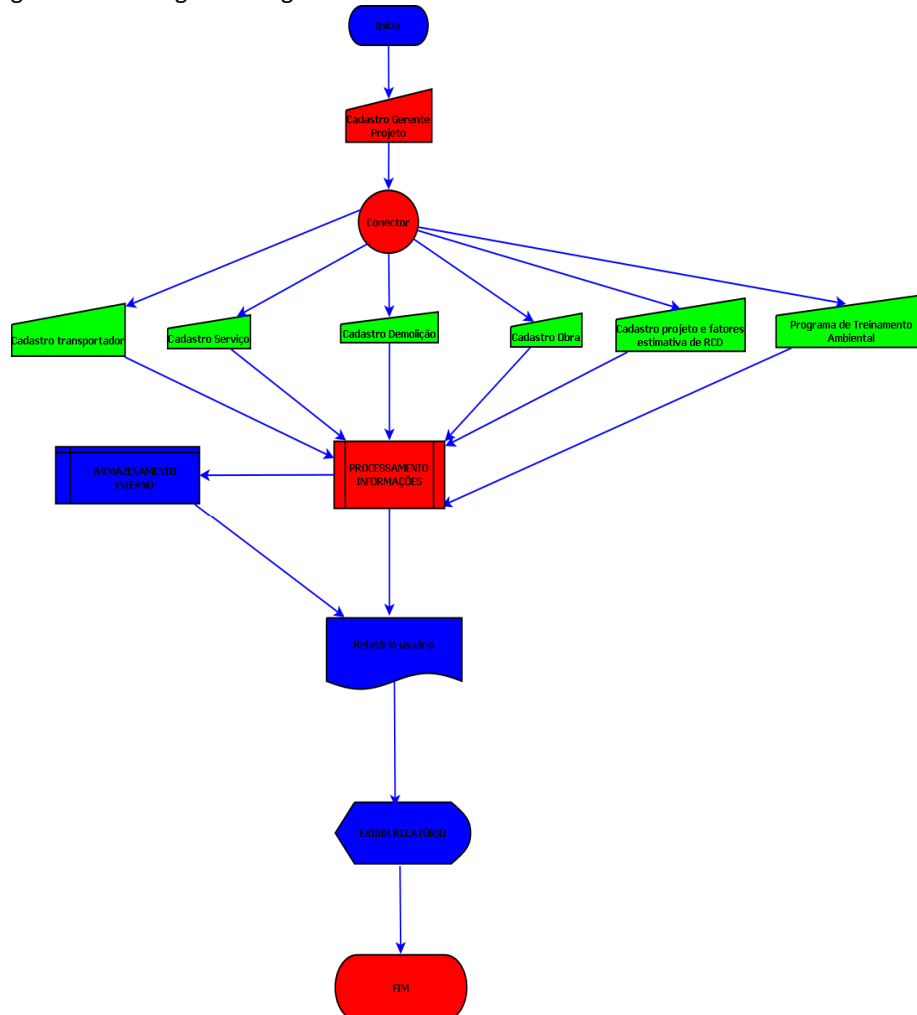
Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

A classe gerente detém a inclusão, exclusão, alteração de dados sobre as classes transportadores, obra, serviço de engenharia, demolição, colaboradores e treinamento ambiental, por sua vez a classe de obras, serviços de engenharia e demolição contém relação com as classes colaboradores, projeto, armazenamento, transportadores e treinamento ambiental, com as respectivas cardinalidades.

4.3 MODELAGEM DO ALGORITMO DO PROJETO DO SIA-GRCD

A modelagem do algoritmo é a última etapa da análise e desenvolvimento do projeto SIA-GRCD, neste foi elaborado o fluxograma de acordo com as funcionalidades do sistema, conforme apresenta-se na figura 5.

Figura 5: Modelagem do algoritmo do SIA-GRCD



Fonte: Elaborado pelo Autor (2018).

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o desenvolvimento de um modelo de algoritmo para o gerenciamento de resíduos de construção civil direcionado às empresas de pequeno porte, neste espera-se contribuições para as áreas acadêmica, áreas de tecnologia da informação e principalmente para o campo da sustentabilidade em obras de construção civil no que concerne ao manejo dos resíduos derivados de obras.

Na área acadêmica espera-se a contribuição para o desenvolvimento de novos trabalhos de pesquisas envolvendo a sustentabilidade em obras de construção civil, o aprofundamento de outros estudos no tratamento de resíduos de obras, e o desenvolvimento de novas tecnologias que contribuam para o gerenciamento de resíduos de construção e demolição.

Para o campo da sustentabilidade ambiental em obras de construção civil, almeja contribuir para a redução do impacto ambiental ocasionado pelos RCD's, devido a implantação de novas tecnologias de gerenciamento.

Com relação ao aspecto prático da implantação nos canteiros de obras, do produto tecnológico derivado dessa pesquisa, será solicitado o registro da patente do modelo de algoritmo computacional para Sistema de Informação Ambiental (SIA) no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI).

Após o processo de registro do produto será disponibilizado às empresas de tecnologias que tenham o interesse em estabelecer parceria comercial, no sentido de disponibilizar e comercializar o software de gerenciamento de RCD.

REFERÊNCIAS

ANDERY, M. A.; NILZA MICHELETTO. **Para Compreender a Ciência: Uma Perspectiva Histórica**. 16ª. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15112: Resíduos sólidos da construção civil: Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil: Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução da camada de pavimentação – Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em pavimentação e preparo do concreto sem função estrutural – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. **Resolução 307, de 05 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 8 setembro 2018.

CARVALHO, EMERSON MEIRELES DE. **Resíduos sólidos da construção civil e desenvolvimento sustentável: Modelo de sistema de gestão de Aracaju**. Dissertação de mestrado em desenvolvimento e meio ambiente. Universidade Federal de Sergipe. 2008.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J.P. **Gerenciamento de Sistemas de Informação**. 3. ed.

MANZANO, N. G.; OLIVEIRA, JAIR F. **Algoritmos: Lógica para Desenvolvimento de Programação de Computadores**. 24ª. ed. São Paulo: Érica, 2010.

NAGALLI, ANDRÉ. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil**. 1ª. ed. São Paulo: Oficinas Textos, 2014.

O'BRIEN, JAMES A. **Sistema de informação e as decisões gerenciais na era da internet**. 9ª ed. São Paulo. 2001.

PIPER, SIEGLINDE. **Premissas para o design conceitual de um Sistema de Informação Ambiental a partir da teoria social do aprendizado**. 9ª ed. São Paulo. 2000. Disponível em: <<https://www.ppgte.cefet.pr/semanatecnologica/comunicacoes/premissas/pdf>>. Acesso em: 03 de outubro 2018.

PREISS, BRUNO R. **Estrutura de Dados e algoritmos: Padrões de Projetos Orientados com Java**. 4ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2000.

PRESSMAN, Roger. **Engenharia de Software**. São Paulo: McGraw-Hill Brasil, 2006.

REZENDE, DENIS ALCIDES. **Planejamento de sistemas de Informação e Informática**. São Paulo: Atlas, 2011.

SOMMERVILLE, IAN. **Engenharia de Software**. São Paulo: Pearson Addison Wesley. 2005.

SOUSA, UBIRACI ESPINELLI LEMES DE. **Como Reduzir Perdas nos canteiros: Manual de Gestão do Consumo de Materiais na Construção Civil** 1ª. ed. São Paulo: Pini, 2005.

SUZUKI, ROSIMEIRE LIMA. **Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. Série de publicações temáticas. CREA-PR, 2010.