



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL:
ESTRUTURA E CONSTRUÇÃO CIVIL

LEVI TEIXEIRA PINHEIRO

**AVALIAÇÃO DOS LIMITES DE AUTOMAÇÃO DO PROJETO DE
ALVENARIA A PARTIR DO MÉTODO *BUILDING OBJECT BEHAVIOR* (BOB)**

FORTALEZA
2015

LEVI TEIXEIRA PINHEIRO

AVALIAÇÃO DOS LIMITES DE AUTOMAÇÃO DO PROJETO DE ALVENARIA APARTIR DO MÉTODO *BUILDING OBJECT BEHAVIOR* (BOB)

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini.

**FORTALEZA
2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Pós-Graduação em Engenharia - BPGE

-
- P72a Pinheiro, Levi Teixeira.
Avaliação dos limites de automação do projeto de alvenaria a partir do método *Building Object Behavior* (BOB) / Levi Teixeira Pinheiro. – 2015.
147 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Fortaleza, 2015.
Área de Concentração: Construção Civil.
Orientação: Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini.
Coorientação: Prof. Dr. Daniel Ribeiro Cardoso.

1. Engenharia Estrutural. 2. Design - Automação. 3. Alvenaria - Projetos. I. Título.

LEVI TEIXEIRA PINHEIRO

AVALIAÇÃO DOS LIMITES DE AUTOMAÇÃO DO PROJETO DE ALVENARIA A
PARTIR DO MÉTODO BOB (BUILDING OBJECT BEHAVIOR)

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Civil: Estruturas e Construção Civil, da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Mestre em Engenharia Civil. Área de
Concentração: Construção Civil.

Aprovada em 14/08/2015.

BANCA EXAMINADORA



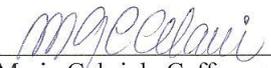
Prof. Alexandre Araújo Bertini, Dr. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Daniel Ribeiro Cardoso, Dr. (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. José de Paula Barros Neto, Dr.
Universidade Federal do Ceará – UFC



Profa. Maria Gabriela Caffarena Celani, Dra.
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Aos meus queridos pais, Arnaldo Pinheiro
e Inês Teixeira, ao meu lado sempre.

AGRADECIMENTOS

À força maior que rege o universo e que me trouxe serenidade e disciplina para produção deste trabalho.

Aos meus queridos pais pelo apoio afetivo e conhecimentos técnicos sobre Engenharia Civil.

Ao meu Orientador Prof. Alexandre Araújo Bertini, pela orientação e acompanhamento deste trabalho, com a contribuição de conhecimentos na área da Engenharia Civil, antes novos para mim.

Ao meu Coorientador Prof. Daniel Ribeiro Cardoso, pela orientação e dedicação a este trabalho, abrindo meus olhos para um novo olhar sobre a Arquitetura e a ciência o seu entusiasmo sobre o trabalho.

A arquiteta e mestra Neliza Romcy pela sua atenção e orientação sobre coordenação modular e BIM, tema de sua pesquisa.

Ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da UFC, pelas contribuições sobre conhecimentos essenciais para o desenvolvimento da minha pesquisa e para a formação profissional.

Aos meus colegas de mestrado, em especial Heloína Nogueira e Luis Felipe Cândido, que apesar de seguirmos temas distintos, sempre tivemos ricas discussões sobre método de pesquisa.

À Fundação FINEP – inovação e pesquisa, pelo auxílio financeiro através da concessão da minha bolsa de mestrado.

RESUMO

A presente pesquisa se trata da investigação de caminhos para automação do projeto de alvenaria em sistemas computacionais. Logo se propõe a desenvolver diagramas aplicáveis em plataformas BIM, que permitam a reordenação automática da paginação das paredes, após a inserção de novos objetos ou deslocamento de objetos já inseridos. Devido à complexidade e diversidade de tipologias e detalhes arquitetônicos existentes, as plataformas BIM nem sempre conseguem atender a todas as demandas dos usuários. Deste modo, as mesmas apresentam possibilidades de customização, como criação de novos objetos, ou novas ferramentas que aperfeiçoem o processo de projeto. Assim, nos âmbitos nacional e internacional observa-se a produção de técnicas de automação do *design* aplicada em diversos sistemas construtivos, seja de concreto armado ou alvenaria racionalizada. Dentre as diferenças entre as produções nacionais e internacionais destaca-se o método utilizado. No Brasil ocorre a utilização de métodos diversos, baseados na gramática da forma e na modelagem paramétrica, além do fato de as produções terem sido realizadas em universidades e em períodos distintos. No contexto internacional existe o desenvolvimento e a aplicação do método *building object behavior* (BOB) *description and notation method*, desenvolvido durante um consórcio entre universidades norte-americana e israelita com indústrias de concreto armado norte-americanas por notáveis pesquisadores na área de BIM, Charles Eastman, Rafael Sacks e Chang Lee. Logo, para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se como estratégia de pesquisa o *design science*, tendo como base para o método BOB. O processo de desenvolvimento da pesquisa se deu em quatro etapas: fase de elucidação, fase de *design*, fase de validação e tradução. Ao fim do trabalho foram gerados diagramas, aplicáveis em qualquer plataforma BIM. Os diagramas descrevem os processos de automação das paginações de alvenaria.

Palavras-chave: BIM. Projeto de alvenaria. Automação do *design*.

ABSTRACT

This research comes to inquiry ways of automating the masonry design in computer systems. Soon aims to develop applicable diagrams in BIM platforms, enabling automatic reordering of paging walls following the inclusion of new objects or shifting objects already inserted. Because of the complexity and diversity of types and existing architectural details, the BIM platforms do not always meet all the demands of users. Thus, we present customization possibilities, such as creating new objects or new tools that improve the design process. Thus, in the national and international levels is observed the production design automation techniques applied in different construction systems, whether armed or rationalized masonry concrete. Among the differences between national and international productions stands out the method used. In Brazil is the use of various methods based on the grammar of form and parametric modeling, besides the fact of the productions have been performed in universities and in different periods. In the international context there is the development and application of building object behavior method (BOB) description and notation method, developed for a consortium of American and Israeli universities with reinforced concrete US north of industries for outstanding researchers in the BIM area, Charles Eastman, Rafael Sacks Lee and Chang. Therefore, the development of this study was used as the science research strategy design, based method for BOB. The research development process took place in four stages: elucidation phase, design phase, validation phase and translation. At the end of work were generated diagrams, applicable in any BIM platform. The diagrams describe the process automation of masonry pagination.

Keywords: BIM. Masonry design. Design automation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Diagrama de atividades.....	28
Figura 2 -	Componentes da alvenaria racionalizada.....	31
Figura 3 -	Cintas, vergas e contravergas.....	32
Figura 4 -	Reticulado espacial ou quadriculado.....	33
Figura 5 -	Medida modular e ajuste modular.....	34
Figura 6 -	Amarração 1/3 e 1/2.....	35
Figura 7 -	Amarração entre paredes.....	35
Figura 8 -	Comportamento do objeto paramétrico.....	39
Figura 9 -	Translação.....	40
Figura 10 -	Rotação.....	41
Figura 11 -	Parâmetros dimensionais das paredes.....	41
Figura 12 -	Família de blocos 15 cm.....	42
Figura 13 -	Comportamento dos blocos.....	42
Figura 14 -	Paredes R2R1 e R2RS.....	43
Figura 15 -	Pontos de encontros.....	44
Figura 16 -	Exemplo de transformação de paredes após o deslocamento.....	44
Figura 17 -	Padrões de deslocamento: hipótese inicial.....	45
Figura 18 -	Representações <i>Archicad</i> 18.....	46
Figura 19 -	Teste 01 – LiCeR1 (LiCe1R1).....	47
Figura 20 -	Teste 02 - LiCeR1 (LiCe2R1).....	48
Figura 21 -	Possibilidade de pontos de encontros sobre o bloco.....	49
Figura 22 -	Resultados dos testes 01, 02, 03, 04.....	49
Figura 23 -	Teste 01 – LiExR1.....	50
Figura 24 -	Teste 02 – LiExR1.....	50
Figura 25 -	Testes LcExR1.....	51
Figura 26 -	Testes – Padrão T1CeR1.....	52
Figura 27 -	Diagrama conjuntos de padrões.....	52
Figura 28 -	Diagrama conjunto de padrões LiCe.....	54
Figura 29 -	Diagrama LiEx.....	55
Figura 30 -	Diagrama LcCe.....	57

Figura 31 -	Diagrama LcEx.....	58
Figura 32 -	T1Ce.1.1.....	60
Figura 33 -	T1Ce.1.2.....	62
Figura 34 -	T1Ce2.....	63
Figura 35 -	Diagrama R1T1Ex.....	65
Figura 36 -	Diagrama R2T1Ex.....	67
Figura 37 -	Diagrama X1Ce.1.1.....	69
Figura 38 -	Diagrama X1Ce.1.2.....	71
Figura 39 -	Conjunto de padrões X1Ce.....	72
Figura 40 -	Diagrama X1Ex.....	74
Figura 41 -	Comportamento do objeto paramétrico.....	75
Figura 42 -	Vãos: parâmetros e restrições.....	76
Figura 43 -	Vergas e contravergas: parâmetros e restrições.....	76
Figura 44 -	Blocos canaletas: parâmetros e restrições.....	77
Figura 45 -	Experimento II.....	77
Figura 46 -	Vergas e contravergas.....	78
Figura 47 -	Testes 01, 02 e 03.....	79
Figura 48 -	Teste 01 – padrão de comportamento vão.....	80
Figura 49 -	Revisão teste 01 – padrão de comportamento vão.....	81
Figura 50 -	Teste 02 – padrão de comportamento vão.....	82
Figura 51 -	Teste 01 – vergas e contravergas.....	83
Figura 52 -	Teste 02 – vergas e contravergas.....	83
Figura 53 -	Diagrama de vãs, vergas e contravergas.....	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Resumo dos conceitos de comportamento de objetos.....	25
Quadro 2 -	Padrões LiCe.....	53
Quadro 3 -	Conjunto de ações do padrão LiEx.....	55
Quadro 4 -	Ações do padrão LcCe.....	56
Quadro 5 -	Conjunto de ações do padrão LcEx.....	58
Quadro 6 -	Conjunto de ações do padrão T1Ce1.1.....	59
Quadro 7 -	T1Ce.1.2.....	61
Quadro 8 -	Conjunto de padrões T1Ce2.....	63
Quadro 9 -	Conjunto de padrões R1T1Ex.....	64
Quadro 10 -	Conjunto de ações dos padrões R2T1Ex.....	66
Quadro 11 -	Conjunto de padrões X1Ce.1.1.....	68
Quadro 12 -	Conjunto de padrões X1Ce1.2.....	70
Quadro 13 -	Conjunto de padrões X1Ce.....	72
Quadro 14 -	Conjunto de padrões X1Ex.....	73
Quadro 15 -	Padrões de comportamento dos vãos.....	84
Quadro 16 -	Padrões comportamento das vergas e contravergas.....	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI -	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
API -	<i>Application Interface Programing</i>
BIM –	<i>Building Information Modeling</i>
BOB -	<i>Building Object Behavior</i>
CAD -	<i>Computer Aided Design</i>
CEF -	Caixa Econômica Federal
DFSS -	<i>Design for Six Sigma</i>
EPUSP -	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
FEC -	Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional à Universidade Federal Fluminense
FIESP -	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
GTTPM -	<i>Georgia Tech Process to Product Modeling</i>
HIS -	Habitação de Interesse Social
IDEF0 -	<i>Integrated Computer Aided Manufacturing Definition</i>
IPD -	<i>Integrated Project Delivery</i>
M -	Módulo
MCidades -	Ministério das Cidades
MDIC -	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
PCSC -	<i>Precast Concrete Software Consortium</i>
PPVVA -	Projeto Para Produção de Vedações Verticais em Alvenaria
UFC -	Universidade Federal do Ceará
UFPR -	Universidade Federal do Paraná
UML -	<i>Unified Modeling Language</i> / Linguagem de Modelagem Unificada
USP -	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Contextualização	13
1.2 Problematização	16
1.3 Objetivos	18
<i>1.3.1 Geral</i>	18
<i>1.3.2 Específicos</i>	18
1.4 Estrutura da dissertação	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 Customização de softwares BIM	20
2.2 Alvenaria racionalizada	28
3 METODOLOGIA	36
4 DESENVOLVIMENTO	39
4.1. Experimento I	39
<i>4.1.1 Fase de elucidação</i>	39
<i>4.1.2 Fase de design</i>	40
<i>4.1.2.1 Restrições e parâmetros</i>	40
<i>4.1.2.2 Identificação de padrões mínimos</i>	42
<i>4.1.3 Fase de validação</i>	45
<i>4.1.4 Fase de implantação</i>	53
4.2 Experimento II	75
<i>4.2.1 Fase de elucidação</i>	75
<i>4.2.2 Fase de design</i>	75
<i>4.2.2.1 Restrições e parâmetros</i>	75
<i>4.2.2.2 Identificação de padrões mínimos</i>	77
<i>4.2.3 Fase de validação</i>	78
<i>4.2.4 Fase de implantação</i>	84
5 CONCLUSÃO	87
5.1 Sugestões para trabalhos futuros	88
REFERÊNCIAS	89
APÊNDICE A - Conjunto de teste LcCeR1	93

APÊNDICE B – Conjunto de testes LcCeR2.....	97
APÊNDICE C – Conjunto de testes do padrão LcExR1.....	101
APÊNDICE D – Conjunto de testes do padrão LcExR2.....	102
APÊNDICE E – Conjunto de testes do padrão LcExR1.....	103
APÊNDICE F – Conjunto de testes do padrão LiCe1R2.....	107
APÊNDICE G – Conjunto de testes do padrão LiExR1.....	111
APÊNDICE H – Conjunto de testes do padrão LiExR2.....	112
APÊNDICE I – Conjunto de testes do padrão R1T1CeR1.....	113
APÊNDICE J – Conjunto de testes do padrão R1T1CeR2.....	116
APÊNDICE K – Conjunto de testes do padrão R2T1CeR1.....	119
APÊNDICE L – Conjunto de testes do padrão R2T1CeR2.....	122
APÊNDICE M – Conjunto de testes do padrão R1T1ExR1.....	125
APÊNDICE N – Conjunto de testes do padrão R1T1ExR2.....	127
APÊNDICE O – Conjunto de testes do padrão R2T1ExR1.....	129
APÊNDICE P – Conjunto de testes do padrão R2T1ExR2.....	131
APÊNDICE Q – Conjunto de testes do padrão R1X1CeR1.....	132
APÊNDICE R – Conjunto de testes do padrão R1X1CeR2.....	135
APÊNDICE S – Conjunto de testes do padrão R2X1CeR1.....	138
APÊNDICE T – Conjunto de testes do padrão R2X1CeR2.....	141
APÊNDICE U – Conjunto de testes do padrão R1X1ExR1.....	144
APÊNDICE V – Conjunto de testes do padrão R1X1ExR2.....	145
APÊNDICE W – Conjunto de testes do padrão R2X1ExR1.....	146
APÊNDICE X – Conjunto de testes do padrão R2X1ExR2.....	147

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A construção civil no Brasil apresenta graves problemas no método e na forma de produção, devido a um processo construtivo ainda muito artesanal e as falhas no fluxo de informações. O fluxo de informação abrange todo ciclo de vida do edifício, desde a etapa de planejamento, que inclui projeto e orçamento até o processo executivo em si (ADDOR *et al.*, 2010).

Os erros de projetos, os erros ligados aos materiais empregados, as falhas executivas e as falhas associadas à operação e a manutenção são responsáveis pelo surgimento de uma série de patologias nos edifícios, que reduzem sua vida útil (THOMAZ, 2002).

Em uma pesquisa realizada em conjuntos habitacionais de Habitação de Interesse Social (HIS) em Fortaleza/CE percebe-se que edifícios com 3 a 4 anos de existência apresentam graves patologias oriundas de falhas de projeto, correspondentes a 25% e por falhas de execução, no caso, 45,3% (BERTINI *et al.*, 2014).

Já em outra pesquisa realizada em HIS na cidade de Maringá, no Estado do Paraná, foi identificado que as patologias encontradas (39%) têm origem no projeto e 61% na execução, isto pelo fato dos pesquisadores não terem classificado as patologias geradas por falta de manutenção ou mau uso (BERTINI *et al.*, 2014).

A industrialização e a racionalização são meios para reduzir os desperdícios de materiais gerados pela construção civil, sendo a coordenação modular e o Projeto para Produção de Vedações Verticais em Alvenaria (PPVVA), ferramentas para otimizar esses processos (GREVEN; BALDAUF, 2007; MONTEIRO, 2011).

A falha no fluxo de informações pode ser solucionada com a adoção do sistema *Building Information Modeling* (BIM), que permite o desenvolvimento e gerenciamento de todas as etapas da obra (ADDOR *et al.*, 2010; MÜLLER, 2010).

A coordenação modular possui muitas vantagens referentes à sustentabilidade e economia. No contexto econômico, otimiza o processo de decisão de projeto,

aumenta a produtividade e reduz perdas. Já no contexto da sustentabilidade, o uso da matéria-prima é otimizado, reduzindo o desperdício energético na produção do componente e a quantidade de resíduos, além de outras qualidades como aumento da comunicação e integração de agentes da cadeia produtiva e aproximação das etapas do projeto e execução, porém, tem como desvantagem o fato de ser pouco difundido (GREVEN; BALDAUF, 2007; SANTOS *apud* ROMCY, 2012).

O PPVVA foi desenvolvido no final da década de 80, por meio de um convênio da Construtora ENCOL e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). O método serve como instrumento de racionalização dos projetos de alvenaria onde se procura trabalhar com a compatibilização de todos os projetos: estrutura, instalações e arquitetura (MONTEIRO, 2011).

O *Building Information Modeling* (BIM) ou Modelagem da Informação para Construção teve seu termo cunhado na década de 90, porém, se baseia na compilação dos princípios da modelagem de produto na construção da década de 60. Inicialmente consistiu-se em desenvolver modelos 2D e 3D, simulando construções virtuais a partir de parâmetros, para serem armazenados em um banco de dados de informações. O banco de dados funciona como uma fonte de informação para o desenvolvimento do projeto, podendo evitar erros de execução por conta de imprevistos (AYRES FILHO, 2009).

O termo anterior ao BIM seria o *Computer Aided Design* (CAD), traduzindo, projeto ou *design* assistido pelo computador, ambos representando o mesmo conceito. Porém, como as plataformas comerciais não conseguiram atender esse conceito, o termo CAD ficou associado a representações geométricas não associadas a dados paramétricos. Ao longo do trabalho iremos usar ambos os termos com conceitos diferenciados (AYRES FILHO, 2009).

O processo de modelagem paramétrica em ferramentas, aplicado a plataformas BIM, inicialmente aplicado em automação de peças de concreto pré-moldado apresenta as seguintes vantagens: redução dos prazos de entrega entre o início do projeto de Engenharia e a produção; eliminação dos custos de retrabalho resultantes de erros de desenho; maior confiabilidade no fornecimento de peças para os projetos em curto prazo; contratação simplificada de componentes para a produção. Porém, devido à complexidade de cada projeto, as plataformas BIM conseguem atender as demandas de todos os usuários. Logo, se faz necessário gerar a customização das

mesmas (SACKS *et al.*, 2004; SACKS; BARAK, 2008).

No contexto da customização de *softwares* BIM, visando à automação do *design*, observa-se na esfera internacional que existem pesquisas geradas a partir de convênios entre empresas norte-americanas de concreto armado e universidades: uma norte-americana (*Georgia Institute*) e outra israelita (*Israel Institute of Technology*) denominada *Precast Concrete Software Consortium* (PCSC), desenvolvido no período de 2001 a 2004. A pesquisa gerou o desenvolvimento de vários objetos paramétricos ligados ao sistema construtivo em concreto armado, aplicados a plataformas BIM, além de métodos de automação do *design*: *Building Object Behavior* (BOB) *description notation and method* e o *Georgia Tech Process to Product Modeling* (GTPPM) (LEE; SACKS; EASTMAN, 2006).

Dentre os pesquisadores envolvidos destacam-se Rafael Sacks, Charles Eastman e Chang Lee os dois primeiros também são responsáveis pelo desenvolvimento do livro *BIM Hand Book*, publicado em 2008, documento que compila estado da arte do BIM e se apresenta como um guia para sua implementação (EASTMAN *et al.*, 2008).

Além destes, temos o trabalho de Cavieres, Gentry e Al-Haddad (2011) pesquisador do *Georgia Institute* que aplicou os métodos desenvolvidos pelos seus predecessores na automação de projetos de alvenaria estrutural. Em sua pesquisa utilizou-se do método de notação de comportamento do objeto paramétrico para gerar regras de automação para parede isolada como: a inserção de paginações sobre paredes curvas. Já visando sugestões para trabalhos futuros o mesmo aponta: inserção de novas regras generativas e funções de automação, que possam incrementar os estudos da parede isolada em interface com outros subsistemas, como encontros com outras paredes e lajes.

Em nível nacional temos destaque para trabalhos de customização de *softwares* BIM em diversas áreas, porém somente poucos se destacam na área de automação de *design* como, no caso, Ayres Filho (2009), Monteiro (2011), Checcucci, Pereira e Amorim (2011) e Romcy (2012), que foram desenvolvidos de forma independente em universidades distintas, respectivamente: Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade de São Paulo (USP) e Universidade Federal de Fortaleza (UFC). Os trabalhos consistem em estudos sobre automação de sistemas construtivos modulares, tendo como base metodológica a modelagem paramétrica e a

gramática da forma.

Romcy (2012) desenvolveu seu trabalho, tendo como resultados o desenvolvimento de um método de automação para sistemas construtivos de alvenarias modulares, com aplicação em paredes de tijolos cerâmicos na amarração 1/3 e painéis de *dry wall*. Porém, o mesmo trabalho deixou algumas lacunas, tais como: a ausência de estudo da alvenaria em interface com outros subsistemas (lajes, instalações e esquadrias) além da automação dos mesmos.

Monteiro (2011) desenvolveu uma linguagem visual (*Masonry Modulation Language*) para representação do projeto de alvenaria em plataformas BIM, utilizando-se da metodologia de modelagem generativa e gramática da forma, com o intuito controlar o desempenho da plataforma.

Ayres Filho (2009) explora vários meios de customização de uma plataforma BIM em nível de *script* e *plug in*, em vários tipos de experimentos. Dentre os experimentos em nível de *script* apresenta a customização de uma ferramenta BIM para representar um projeto de alvenaria para blocos de concreto. Dentre as funcionalidades desenvolvidas pelos pesquisadores estão à inserção automática de paginações para conjuntos de paredes, paredes isoladas com vão e sem vão para paredes com juntas sobrepostas, sistema não muito usual na construção civil brasileira.

Deste modo, percebe-se que nenhum autor explorou possibilidades de correção ou reordenação automática da paginação, após a inserção de esquadrias ou deslocamentos de paredes. Logo, verificam-se essas possibilidades como lacunas serem preenchidas sobre o comportamento da alvenaria racionalizada como objeto paramétrico. Assim, se pressupõe que esta pesquisa poderá preencher as lacunas dos trabalhos anteriores, desenvolvendo uma descrição aplicável a qualquer aplicativo BIM (Modelagem Paramétrica).

1.2 Problematização

A escolha da automatização do *design* em plataformas BIM aplicado ao projeto de alvenaria racionalizada como tema, advém da necessidade de otimização no processo do projeto. O mesmo requer o detalhamento de muitos componentes que podem ser, facilmente, automatizados por serem padronizados (ROMCY, 2012).

Em termos de produção, nesta área, temos alguns autores, em nível nacional e internacional, que desenvolveram pesquisas nesta área, deixando algumas lacunas, como já citadas anteriormente. A partir destas lacunas e da importância de aprofundamento do tema encontrou-se o seguinte problema de pesquisa: Quais são as limitações de automação do projeto de alvenaria?

Tendo como referência a bibliografia revisada no Capítulo 2 percebemos que as automações de *design* são limitadas por três tipos de rotinas automáticas. A primeira é o projeto de peças e conexões, que consiste na geração automática de peças individuais e suas conexões, a partir da alimentação de parâmetros; depois a decomposição edílica em camadas agrupadas, que consiste em uma correção automática do objeto quando é alterado algum parâmetro, como mudança de carga ou mudança de dimensão e por fim, a geração de *layout* baseado no conhecimento, onde um sistema construtivo, como paginação de alvenaria ou estrutura de um edifício pode ser gerado, automaticamente, após ser alimentado por parâmetros (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004).

Dentre as funcionalidades já desenvolvidas, todas se enquadram na terceira rotina, pois tratam da inserção de uma paginação automática de tijolos e outros componentes sobre a alvenaria. Porém, a primeira rotina denominada projeto de peças e conexões tem pouca aplicação no projeto de alvenaria, pois os componentes do sistema têm tamanhos fixos. Já a segunda opção, decomposição edílica de camadas agrupadas, se enquadra quando se imagina a reordenação automática da paginação dos blocos, após qualquer modificação do projeto como inserção de uma esquadria ou deslocamento de paredes. Outro ponto a ser tratado e que nenhum dos pesquisadores nacionais, que trabalharam com automação de *design* para plataformas BIM citou a existência ou utilizou foi o método BOB em suas pesquisas. Logo, se vê, neste trabalho, a importância da difusão do método em nível nacional.

Portanto, a exploração da automação do projeto de alvenaria, em outros níveis, contribui para o mercado com novas ferramentas para *softwares* BIM e, cientificamente, contribui para a evolução do método BOB e a melhoria dos caminhos escolhidos para os outros níveis, além da difusão do mesmo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

A presente pesquisa tem por objetivo compreender, por meio de uma computação manual, quais as questões de lógica e de padrões envolvidas na paginação de alvenaria de uma parede, e quais as dificuldades para a sua automatização por meio de um algoritmo. Logo se propõe a desenvolver diagramas aplicáveis em plataformas BIM, que permitam a reordenação automática da paginação das paredes, após a inserção de novos objetos ou deslocamento de objetos já inseridos.

1.3.2 Específicos

Assim como objetivos específicos temos:

- Investigar novos comportamentos de automação do projeto de alvenaria, como repaginação automática das paredes após o deslocamento ou a inserção de novas esquadrias sobre uma parede qualquer;
- Investigar e validar novos comportamentos paramétricos para o sistema de alvenaria racionalizada,
- Incrementar a simulação em *script* (programação manual) como nova ferramenta para o método BOB

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação foi desenvolvida em cinco capítulos, os quais serão descritos a seguir.

O Capítulo 1 trata da introdução, onde se apresentam a contextualização do trabalho e os objetivos que se visa alcançar.

No Capítulo 2 encontra-se a revisão bibliográfica sobre automação de *design* aplicado a plataformas BIM, apresentando os diversos métodos de automação empregados, nacional e internacionalmente, além de tratar sobre o sistema

construtivo de alvenaria racionalizada, que servirá como sistema de automação.

No Capítulo 3 encontra-se a metodologia, onde são apresentados os métodos e recursos utilizados e são delineados os procedimentos da pesquisa.

O Capítulo 4 apresenta o processo de desenvolvimento da pesquisa, seus resultados finais e parciais.

Por fim o Capítulo 5, onde são apresentados e analisados os resultados finais por meio de comparações com os trabalhos anteriores e verificada a validação dos objetivos apresentados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A automação do *design* aplicado a plataformas BIM pode ser desenvolvida por vários métodos tendo como base a modelagem paramétrica. Assim, os trabalhos em nível nacional e internacional foram desenvolvidos utilizando-se a modelagem paramétrica, associada a outros métodos. Nos trabalhos de Lee, Sacks e Eastman (2006) e Cavieres, Gentry e Al-Haddad (2011) vemos a automação do sistema de concreto armado e alvenarias utilizando-se do método BOB. Já os trabalhos de Monteiro (2011) e Romcy (2012) geram automação de alvenarias racionalizadas e usufruem da gramática da forma.

2.1 Customização de *software* BIM

O termo BIM pode ser definido como um modelo de informação para a construção de um edifício. Normalmente é construído com um modelo virtual de dados, que permite a simulação de possibilidades do projeto, cálculo de custos na construção, análise da construtibilidade, planejamento da demolição, geração e manutenção de um edifício. O BIM tende a ser um catalisador de grande mudança na indústria da construção civil, pois tende a apresentar melhorias em seus processos produtivos, pois reduz a fragmentação de informações, melhorando sua eficiência e eficácia e reduzindo custo de interoperabilidade inadequada (SUCCAR, 2009).

A tecnologia BIM associada a outros processos, como ferramentas de análises, *Integrated Project Delivery* (IPD) e *lean construction* (construção enxuta) pode trazer uma série de benefícios para o ciclo de vida de um edifício, desde sua concepção, manutenção e demolição. Dentre os benefícios de uma forma geral destacam-se: redução do tempo de projeto e construção; redução dos custos de *design* e construção; aumento da complexidade do projeto; redução dos custos de energia utilizada; auxilia na construção e no projeto sustentável e melhoria dos processos de construção (EASTMAN, 2008).

O desenvolvimento do sistema BIM ocorre a partir do gerenciamento do fluxo de dados aplicado as fases do ciclo de vida do projeto. O fluxo de dados, nesse sistema, tem suporte em objetos inteligentes com uma rica semântica, que

representam elementos da construção civil, como paredes e colunas (SUCCAR, 2009).

Os objetos inteligentes são desenvolvidos a partir da modelagem paramétrica. Novos objetos e novas funções podem ser criados pelo próprio usuário (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004).

A gramática da forma surgiu como um sistema de geração de formas para a pintura e a escultura, por meio de regras de composição e se enquadra na área do conhecimento denominado *design computing* ou computacional *design*. O termo *computing* não quer dizer, necessariamente, aplicação direta em aplicativos computacionais, mas sim a qualquer tipo de processamento de informações, apesar de que muitos pesquisadores têm estudado o desenvolvimento de aplicativos para automação da gramática da forma. Atualmente, a mesma tem uma aplicação diferenciada no caso como sistema de geração de formas arquitetônicas. Dentre os elementos que compõe a gramática da forma estão: o vocabulário de formas, relações espaciais, regras e a forma inicial (CELANI *et al.*, 2006; MONTEIRO, 2011):

- O vocabulário de formas: consiste no conjunto finito de formas primitivas que farão parte da gramática. As mesmas podem ser apresentadas por meio de representações bi ou tridimensionais.
- Relações espaciais: consistem no estabelecimento de combinações espaciais desejadas entre as formas primitivas do vocabulário.
- Regras: consiste no estabelecimento de restrições baseadas nas relações espaciais. Essas regras podem ser do tipo: aditiva, subtrativa e substitutiva.

A gramática da forma se subdivide em diversos tipos: analítica; paramétrica (quando alguns valores são deixados em aberto, gerando inúmeras formas); pré-definida; com marcadores; e da cor (CELANI *et al.*, 2006).

Sass (2008) experimentou um novo conceito, a gramática aplicada a um protótipo, já que segundo o mesmo, a literatura não tem dado muita importância à produção de protótipos quando aplicada ao *design*.

A modelagem paramétrica é a base para as tecnologias de parametrização e as tecnologias atuais de modelagem paramétrica. Permitem uma melhor ligação entre funcionalidade do projeto e da geometria do que a gramática da forma (FERREIRA;

SANTOS, 2008; CAVIERES; GENTRY; AL-HADDAD, 2011).

Dentre as vantagens apresentadas por esta ferramenta, destacam-se a facilidade de incorporação de conhecimento técnico sobre o comportamento do material, a fabricação e o processo construtivo nos estágios iniciais, melhorando a compreensão arquitetônica para implicações de projeto e permitindo sucesso nas inovações tecnológicas (BETTING; SHAH, 2000).

Porém, como método, a modelagem paramétrica é ambígua e complexa, pois o objeto paramétrico pode ser desenvolvido por vários caminhos, sendo o melhor caminho aquele que gera o menor processamento de dados para o sistema computacional. A sua complexidade ocorre, pois o número de possibilidades dos parâmetros e restrições cresce exponencialmente quanto mais componentes construtivos são considerados. Além disso, a modelagem paramétrica ainda requer um processo de pensamento algorítmico e matemático (ou programação), mesmo que ele não requeira, de fato, a utilização de uma linguagem de programação (LEE; SACKS; EASTMAN, 2006).

A modelagem paramétrica é uma representação computacional de um objeto virtual construído a partir de atributos que podem ser fixos, que não sofrem modificações ou variáveis, que são representadas por meio de parâmetros e regras, de forma a permitir que objetos sejam automaticamente ajustados de acordo com o controle do usuário e a mudança de contexto (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

Logo, se compreende que os objetos devem ser modelados, não só pela forma geométrica, mas como unidades de informação, que contém relações semânticas específicas no âmbito do seu domínio (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004).

A modelagem paramétrica foi inicialmente aplicada em projetos de Engenharia Mecânica, gerando o desenvolvimento dos *softwares* com a plataforma CAD (CAVIERES; GENTRY; AL-HADDAD, 2011).

Atualmente é uma tecnologia básica para o desenvolvimento dos modelos BIM aplicados, diretamente, na construção civil, devido às seguintes razões (LEE; SACKS; EASTMAN, 2006):

- O sistema é composto por componentes geométricos, sendo a informação a essência do BIM.

- A modelagem paramétrica provém de mecanismos, como a expressão geométrica explícita que pode automatizar a geração de informações construtivas – especialmente informação geométrica e que pode facilitar a geração de um modelo rico de construção.
- A manutenção da validade da informação gerada é crucial para a revisão e o reuso das informações da construção. A semântica integrada à construção do modelo é mantida a partir de regras e restrições geométricas.

A menor unidade de modelagem paramétrica é o objeto. O objeto paramétrico pode ser compreendido como uma unidade de informação que representa componentes de um edifício, incluindo as suas características e as relações com outros elementos (HANNUS, 1991 *apud* AYRES FILHO, 2009).

Dentre os tipos de objetos estão os objetos funcionais, que assumem formas geométricas, como: vigas, pilares e paredes; e os objetos analíticos que não possuem formas geométricas, como: cotas, níveis e zoneamentos (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004).

Em *softwares* BIM é muito comum a organização dos objetos por meio de classes ou famílias de objetos, onde se agrupam os objetos que detém características comportamentais comuns. Como exemplo tem-se os aplicativos de arquitetura que possuem as famílias das portas, das lajes, cobertas, dentro outros. A partir desta organização existente podem-se criar outras formas de agrupamento visando à automação do comportamento dos objetos (EASTMAN *et al.*, 2011).

Com o intuito de facilitar o *design* pode-se agrupar os objetos na forma de blocos, gerando mudanças que se estendem pelos objetos agrupados. O agrupamento ocorre a partir de relações semânticas entre os mesmos e, dependendo da forma de agrupamento, podem gerar limitações nos seus comportamentos. As formas de agrupamentos de objetos consistem em: blocos individuais, blocos integrados, blocos paramétricos interligados e objetos individuais agrupados com características comuns (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004).

Os blocos individuais e os blocos integrados são aplicações presentes nos sistemas CAD e BIM. O bloco individual consiste em um objeto gerado a partir do agrupamento de linhas e outras formas geométricas. Os blocos integrados têm a mesma formação, porém pelo fato de estarem integrados com outros blocos com a

mesma forma geométrica, a modificação em um objeto gera a modificação em outro similar e acumulam funções dos blocos anteriores. Os blocos paramétricos interligados, além das características geométricas são compostos por outros parâmetros e, caso modificados, geram a modificação dos outros blocos interligados (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004).

No caso dos blocos paramétricos tem-se/está o agrupamento de objeto com características comuns. Logo, quando um desses parâmetros é modificado gera-se uma modificação automática em todos os blocos agrupados, como no caso de blocos cerâmicos vazados e inteiros, onde os mesmos, quando agrupados por semelhanças semânticas fazem com que a modificação em um único bloco se estende/estenda para os outros (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004).

O comportamento paramétrico está atrelado às mudanças que podem ocorrer nos objetos, sejam estes componentes individuais (paredes, colunas, vigas) ou um grupo de componentes (piso, escadas e fachadas) por causa de estímulos internos e/ou externos. Assim, temos como exemplos de estímulo interno, as modificações no modelo virtual 3D que geram, automaticamente, modificações nas representações em 2D. No caso de estímulos externos, temos a mudança de escala, que modifica todo o modelo (AYRES FILHO, 2009).

As mudanças estão atreladas ao nível de inteligência do objeto, isto é, a sua capacidade para responder aos estímulos de acordo com os conhecimentos específicos. A inteligência de um objeto é regida por procedimentos, que são algoritmos, desenvolvidos em linguagem de programação. Os objetos que respondem aos estímulos possuem rotinas automáticas; já os que não respondem a estímulo nenhum possuem rotinas manuais por meio de comandos dados pelos usuários (LEE; SACKS; EASTMAN, 2006).

As mudanças possuem limitações de acordo com o método utilizado para as mesmas. Assim, como métodos de mudança têm-se: adaptação paramétrica; substituição de partes; e a adaptação topológica. No caso da adaptação paramétrica, a mudança é regida por algoritmos, onde estímulos externos ou internos induzem a mudança ou, até mesmo, sem estímulos podem-se gerar objetos automáticos, como é o caso da automação do *layout* que veremos mais na frente. No método substituição de partes, os estímulos externos podem gerar, automaticamente, a substituição de partes, porém para um objeto atingir esse comportamento requer regras sofisticadas.

Tem-se como exemplo a inserção de uma carga sobre uma determinada viga, que, ao invés de ter modificadas suas dimensões geométricas, substitui-se a sua quantidade de ferragens. As adaptações topológicas são mudanças que não podem ser automatizadas, devido às inúmeras possibilidades, de forma que o objeto pode atingir, na presença de determinados estímulos, gerando algoritmos muito complexos. Logo, tais adaptações são desenvolvidas por rotinas manuais (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004).

Dentro destas limitações de mudança podemos ter rotinas automáticas do tipo: projeto de peças e conexões; a decomposição edílica; e a geração automática do *layout*. O projeto de peças e conexões ocorre através de estímulos externos como cargas estruturais sobre uma peça e suas conexões internas, onde a mesma se modifica em termos dimensionais e a sua quantidade de conexões é refeita. A decomposição edílica em camadas agrupadas ocorre com a inserção de estímulos externos, como uma carga em um modelo de edifício, toda sua estrutura é remodelada, automaticamente, gerando novas dimensões e redistribuição de conexões para cada peça envolvida no modelo. Todo o processo gera uma reação em cadeia. A geração automática do *layout* consiste na capacidade de distribuição automática de objetos no espaço, como a disposição de pilares, vigas, lajes, parede e, quiçá, até edifícios inteiros por meio da descrição de parâmetros. Abaixo segue um quadro resumo, onde se inter-relacionam os conceitos apresentados (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004).

Quadro 1 - Resumo dos conceitos de comportamento de objetos.

Automação do <i>Design</i>	Método de Mudança	Tipo de Estímulo	Tipo de rotina
Projeto de peças e conexões	Adaptação paramétrica	Estímulos externos	Rotina Automática
Decomposição edílica	Adaptação paramétrica	Estímulos externos	Rotina Automática
	Substituição de partes	Estímulos externos	Rotina Automática
<i>Layout</i> baseado no conhecimento	Adaptação paramétrica	-	Rotina Manual
Mudança não-Automatizada	Modificação topológica	Estímulo interno	Rotina Manual

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentre as plataformas BIM de modelagem paramétricas existentes percebe-se que os usuários não podem criar novos objetos paramétricos com atributos e parâmetros a sua escolha, a não ser por meios de *Application Interface Programming* (API) e suportados por um modelo de objeto oculto (LEE; SACKS; EASTMAN, 2006).

Assim, os *softwares* BIM podem ser customizados a partir de três níveis: *script*, *plug-ins* e aplicativos. Dentro do *script* de cada programa pode-se modelar novos objetos, baseados em objetos existentes (AYRES FILHO, 2009).

O *plug in*, segundo *Microsoft Corporation* (2000), é um pequeno programa adicionado a outra aplicação maior para aumentar as suas funcionalidades.

Por fim, a customização em nível do aplicativo consiste na criação de um novo *software* (AYRES FILHO, 2009).

Dentre os métodos de automação do *design* para a criação de objetos paramétricos estão os métodos de automação do *design* como o *Georgia Tech Process to Product Modeling* (GTPPM) e o *building object behavior* (BOB) *description notation and method*, ambos desenvolvidos durante o consórcio *Precast Concrete Software Consortium* (PCSC) (LEE; SACKS; EASTMAN, 2006).

Dentro do consórcio GTPPM, surge o método BOB devido à necessidade de alimentar e atualizar constantemente uma biblioteca de objetos paramétricos de peças de concreto armado de forma colaborativa e se baseia nas restrições geométricas padronizadas (BETTING; SHAH, 2000; LEE; SACKS; EASTMAN, 2006).

A padronização de classificação e especificação das restrições geométricas surge como uma demanda da comunidade de desenvolvedores e pesquisadores de facilitar: troca de dados para APIs, a formulação de problemas e a construção geométrica de interface com usuário dentro do *software* (BETTING; SHAH, 2000).

O método BOB pode ser compreendido como uma escrita abreviada e um protocolo para descrição das definições e comportamento de objetos paramétricos em um formato reutilizável e compartilhável (LEE; SACKS; EASTMAN, 2006).

As formas de representação do método BOB são os desenhos técnicos como projeções ortogonais em duas dimensões ou perspectivas em três dimensões, porém, as suas representações não carecem de precisão nas fases iniciais, mas sim, apenas os comportamentos geométricos e relações entre os componentes do sistema que são importantes de serem capturadas e comunicadas claramente. A precisão geométrica será determinada durante a modelagem definitiva do objeto (CAVIERES; GENTRY; AL-HADDAD, 2011).

Os comportamentos geométricos considerados são somente de quatro tipos: fixação, rotação, translação e remodelação. A maior parte das transformações ocorre com a combinação de dois pontos: pivô e conexão representando um eixo de rotação, tanto em 2D e 3D. A fixação faz referência à manutenção do objeto fixo em determinada situação. A rotação se refere às possibilidades de angulação. Em termos de relações que podem ocorrer entre os objetos têm-se/estão às relações de alinhamento, igual espaçamento horizontal e restrição normal (ANEXO A) (CAVIERES; GENTRY; AL-HADDAD, 2011).

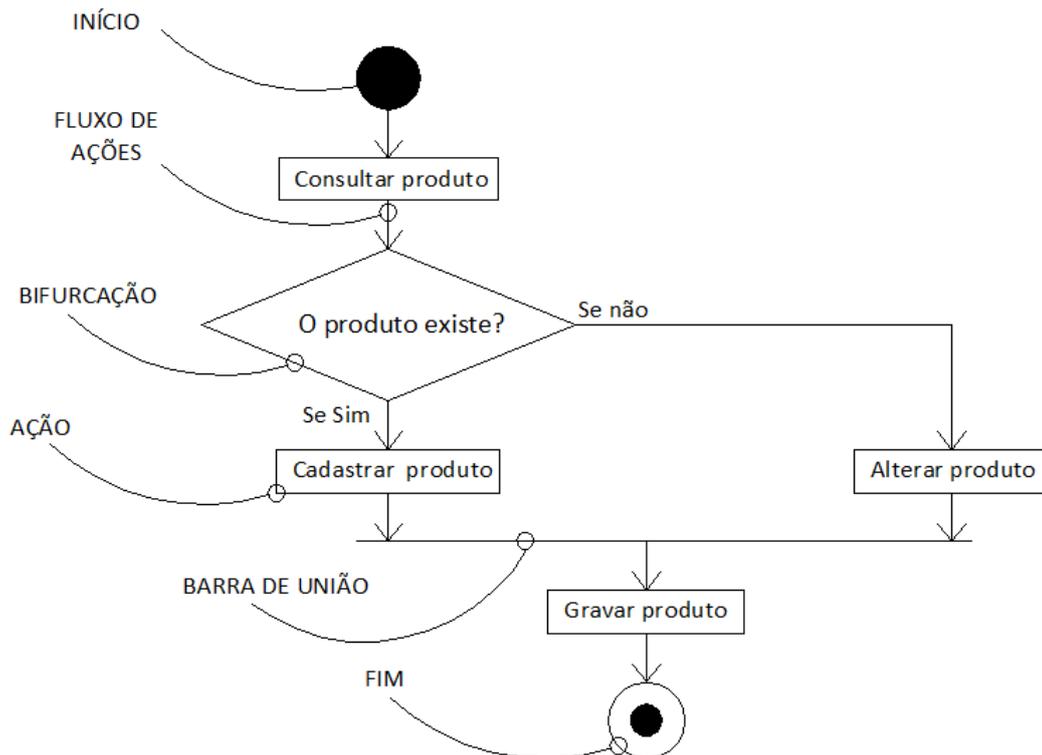
O GTPMM é, antes de tudo, um método de modelagem de produtos focado no processo de produção. O método consiste em capturar informações precisas de cada etapa de produção do produto, como etapa de projeto, subcontratação e fornecimento de peças. O método foi aplicado em conjunto a três fábricas de concreto pré-moldado, no período de 2003 a 2004, a partir de 40 modelos de fluxos coletados nestas empresas. O método é desenvolvido em três etapas. A primeira é a fase de coleta de requisitos onde são coletados os requisitos de modelagem. Dentre os métodos de modelagem da informação que podem ser utilizados estão o Fluxograma, *Unified Modeling Language* (UML), *Design for Six Sigma* (DFSS) e o *Integrated Computer Aided Manufacturing Definition* (IDEF0). Depois temos a fase lógica, onde os requisitos organizados na fase anterior são traduzidos para uma linguagem lógica do tipo EXPRESS-G e EXPRESS. A última fase é a própria implementação do modelo em uma plataforma, como o *ArchicAD*, *Revit* dentre outros (LEE; SACKS; EASTMAN, 2006).

A linguagem UML tem como instrumento de representação gráfica o diagrama de atividades, que é o meio de representar o fluxo que ocorre de uma atividade para outra. Como atividade entende-se a forma como o processo que resulta em alguma ação formada pelas computações executáveis atômicas que resultam em uma mudança de estado do sistema ou retorno de um valor. Os diagramas de atividade são compostos pelos seguintes elementos: ações, fluxo de ações, ramificações e barra de união.

As ações são operações que podem ocorrer em um objeto virtual, como enviar um sinal a um objeto ou até criar ou destruir um objeto, as mesmas são representadas como retângulos. O fluxo de ações é uma indicação gráfica representada por meio de setas, que indica a passagem de uma ação para outra. As ramificações são

representadas como diamantes e podem ter uma transição de entrada e duas ou mais de saída. Em cada transição de entrada é colocada uma expressão booleana, avaliada somente após a entrada da ramificação. Já a barra de união serve como elemento de união de dois fluxos correntes e é representada por uma linha fina vertical ou horizontal (FIGURA 1) (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2000).

Figura 1 - Diagrama de atividades.



Fonte: Adaptado de Booch, Rumbaugh e Jacobson (2000).

2.2 Alvenaria racionalizada

Os primeiros impulsos de racionalização da construção no Brasil ocorrem na década de 70 com a produção de diversas normas vinculadas a coordenação modular. No início dos anos 2000, observa-se um maior investimento das construtoras em projetos de alvenaria de vedação racionalizada em busca da redução de custos para construção. A racionalização desse subsistema é de suma importância, pois faz interfaces com vários subsistemas, como: estrutural, hidráulico e elétrico, além de ser o mais difundido no Brasil. Dentre os instrumentos utilizados para otimizar a produção desses subsistemas tem-se a coordenação modular e o projeto para

produção de vedações verticais em alvenaria (PPVVA) (SILVA, 2003; DUEÑAS PEÑA; FRANCO, 2006; FERREIRA, 2007).

Os processos construtivos modulares não são simples de serem implantados, por exigirem pré-requisitos criteriosos como a existência e o cumprimento de uma ampla normalização que estabeleça critérios de coordenação modular e parâmetros de padronização e tipificação dos componentes. A normatização se faz necessária, pois há uma diversidade de componentes e em sua maioria são produzidos por indústrias diferentes (SABATTINI, 1989).

Apesar de o Brasil ter sido, em âmbito mundial, um dos primeiros países a aprovar uma norma de Coordenação Modular, a NB-25R, em 1950, os construtores brasileiros utilizam-na muito pouco. Isto ocorre, pois na década de 80 houve uma interrupção abrupta de sua literatura (GREVEN; BALDAUF, 2007).

Porém, em meados de 2008 foi realizado um acordo de cooperação técnica entre o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), o Ministério das Cidades (MCidades), a Caixa Econômica Federal (CEF), a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e a Fundação Euclides da Cunha de Apoio Institucional à Universidade Federal Fluminense (FEC) para realizar atividades e fortalecer o desenvolvimento industrial e tecnológico da cadeia produtiva da construção civil, com foco na redução do déficit habitacional. Como ações prioritárias do acordo de cooperação estão incluídas: a revisão das normas de coordenação modular e o desenvolvimento de um plano de difusão. Dentre os produtos está um relatório técnico, desenvolvido pelo ABDI, apontando quais componentes da construção civil brasileira têm condições de serem modulados e entre os quais se destacam somente os blocos de concreto, cerâmicos e chapas de gesso, que têm possibilidade de compatibilização no mercado brasileiro (ABDI, 2009).

A coordenação modular pode ser compreendida como um sistema dimensional de referência, cujas medidas são múltiplas de um módulo qualquer, que permite a compatibilização e organização de componentes construtivos de um edifício ou simplesmente um meio de ordenação dos edifícios (LUCINI, 2001; GREVEN; BALDAUF, 2007).

As principais vantagens dessa técnica, segundo Vilató e Franco (2000), são:

- Diminuição das perdas de materiais, devido à ausência do corte de blocos.
- Possibilidade de sistematizar o projeto, facilitando a elaboração do mesmo e permitindo a padronização de detalhes.
- Facilitar a padronização e a assimilação de detalhes pela mão de obra, permitindo o aumento da produtividade;
- Simplificação a amarração de paredes;
- Redução do número de componentes, devido à padronização e racionalização;
- A padronização pode induzir a padronização dos demais componentes.
- A simplificação dos procedimentos de execução, devido à redução da diversidade de material.
- Eliminação de interferências no sistema.

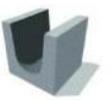
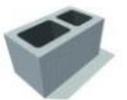
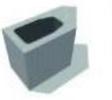
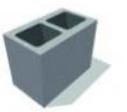
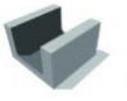
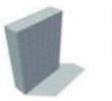
A coordenação modular é uma ferramenta básica para o projeto de alvenaria racionalizada, pois ainda no momento da concepção exige uma visualização integrada do sistema construtivo, gerando uma maior precisão nos detalhes construtivos, que são uma das principais fontes de desperdícios e redução da produtividade (RAMOS *et al.*, 2011).

Como ferramenta de apoio ao projeto de alvenaria racionalizada surge, em meados da década de 80, o PPVVA que permite a compatibilização da alvenaria com os diversos subsistemas que interagem com ele, como instalações e estruturas (FERREIRA, 2007).

O subsistema alvenaria racionalizada é composto por componentes industrializados, classificados como componentes essenciais, complementares e essenciais, unidos por elementos de ligação, normalmente argamassas. Os componentes essenciais disponíveis hoje no mercado são: os blocos principais; compensador; meio bloco; e bloco de amarração. Os componentes complementares são: bloco canaleta; bloco canaleta compensador; e bloco canaleta “J”. Esses blocos servem para a produção de vergas, contravergas e cintas, além dos blocos elétrico e hidráulico, que servem para dar suporte às instalações de energia e água dos

edifícios, evitando os eventuais cortes que ocorrem na construção convencional de alvenaria (FIGURA 2) (SABBATINI, 1989; MONTEIRO, 2011).

Figura 2 - Componentes da alvenaria racionalizada.

	Modelo Bloco Inteiro	Medida(cm) 09 x 19 x 39 14 x 19 x 39 14 x 19 x 39 19 x 19 x 39 19 x 19 x 39	Peso (Kg) 8,109 9,286 11,974 12,462 16,161		Modelo Meio Bloco Canaleta "J"	Medida(cm) 09 x 19(09) x 19 14 x 19(09) x 19 14 x 31(19) x 19 19 x 19(09) x 19	Peso (Kg) 3,238 4,545 7,870 5,747
	Modelo Meio Bloco	Medida(cm) 09 x 19 x 19 14 x 19 x 19 14 x 19 x 19 19 x 19 x 19	Peso (Kg) 4,215 5,027 6,024 6,914		Modelo Bloco Elétrico	Medida(cm) 09 x 19 x 39 14 x 19 x 39 14 x 19 x 39 19 x 19 x 39 19 x 19 x 39	Peso (Kg) 7,866 9,007 11,615 12,088 15,676
	Modelo Bloco Canaleta	Medida(cm) 14 x 19 x 39 14 x 19 x 34 19 x 19 x 39	Peso (Kg) 11,213 10,463 15,806		Modelo Meio Bloco Elétrico	Medida(cm) 09 x 19 x 19 14 x 19 x 19 14 x 19 x 19 19 x 19 x 19	Peso (Kg) 4,089 4,876 5,843 6,707
	Modelo Meio Bloco Canaleta	Medida(cm) 09 x 19 x 19 14 x 19 x 19 19 x 19 x 19	Peso (Kg) 4,265 5,987 7,570		Modelo Bloco Hidráulico	Medida(cm) 09 x 19 x 39 14 x 19 x 39 14 x 09 x 19 x 39 19 x 19 x 39 19 x 19 x 39	Peso (Kg) 7,704 8,822 10,683 11,839 15,353
	Modelo Bloco para Amarração em "T"	Medida(cm) 14 x 19 x 54	Peso (Kg) 15,851		Modelo Meio Bloco Hidráulico	Medida(cm) 09 x 19 x 19 14 x 19 x 19 14 x 19 x 19 19 x 19 x 19	Peso (Kg) 4,004 4,776 5,723 6,568
	Modelo Bloco para Amarração em "L"	Medida(cm) 09 x 19 x 34 14 x 19 x 34	Peso (Kg) 7,386 10,450		Modelo Bloco 45°	Medida(cm) 14 x 19 x 20	Peso (Kg) 10,099
	Modelo Bloco "B"	Medida(cm) 14 x 19 x 24	Peso (Kg) 8,034		Modelo Bloco Parede Fina	Medida(cm) 09 x 19 x 09 09 x 19 x 14 09 x 19 x 29	Peso (Kg) 2,207 3,027 5,803
	Modelo Bloco Canaleta Compensado	Medida(cm) 14 x 09 x 39 14 x 09 x 34 19 x 09 x 39	Peso (Kg) 6,330 5,518 8,923		Modelo Elemento Vazado	Medida(cm) 14 x 14 x 10 14 x 19 x 19 19 x 19 x 19	Peso (Kg) 2,208 6,024 6,914
	Modelo Meio Bloco Canaleta Compensado	Medida(cm) 09 x 09 x 19 14 x 09 x 19 19 x 09 x 19	Peso (Kg) 1,997 3,084 3,275		Modelo Pastilha	Medida(cm) 09 x 19 x 4 14 x 19 x 4 19 x 19 x 4	Peso (Kg) 1,558 2,186 3,098
	Modelo Bloco Canaleta "J"	Medida(cm) 14 x 19(9) x 39 14 x 19(9) x 34 19 x 19(9) x 39	Peso (Kg) 9,330 8,134 13,152	<p>Produtos produzidos segundo a Norma Brasileira ABNT NBR 6136:2007 A família de blocos com largura de 9 cm é produzida atendendo a Classe C. As famílias de blocos com largura de 14 e 19 cm são produzidas atendendo as Classes A,B e C. Blocos da classe A e aparentes são feitos sob encomenda.</p>			

Fonte: Grupo Bricka (2015).

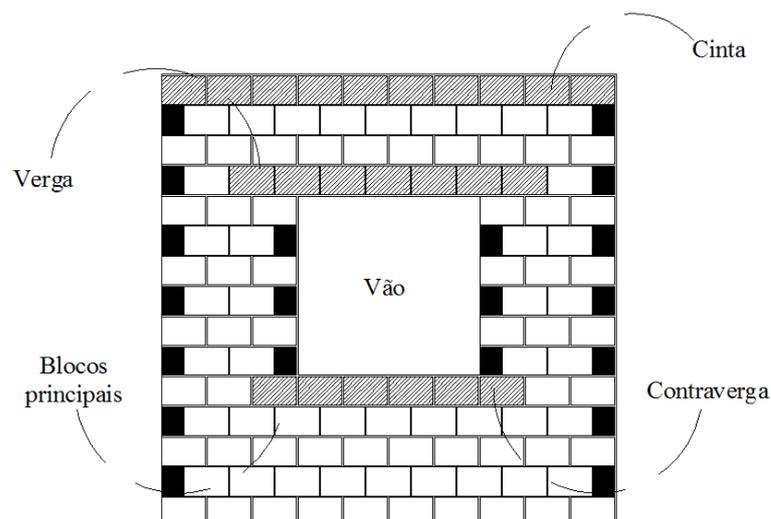
Os componentes especiais são também componentes pré-moldados, como: escadas, lajes, dentre outros. Todos os componentes essenciais e complementares

estão disponíveis no mercado como também os feitos dos materiais de concretos ou cerâmicos (VILATÓ; FRANCO, 2000).

Os blocos cerâmicos são 40% mais leves do que os blocos de concreto, facilitando o manuseio e o transporte. Além disso, apresentam maior flexibilidade para a criação de peças especiais (RAMON; PARIZOTTO, 2015).

Sempre que há abertura de vãos para inserção de esquadrias, recomenda-se a utilização de vergas e contravergas, pois nessas regiões podem ocorrer fissurações da alvenaria. Logo, as vergas e contravergas têm a função de redistribuir os esforços. As vergas são os elementos que ficam sobre o vão e as contravergas os elementos localizados abaixo do vão. Sobre ou abaixo do vão deve haver uma sobra mínima após o mesmo. Para as vergas deve ser de 30 cm para fora do vão. Já para as contravergas a sobra mínima seria de 30 cm. As mesmas podem ser executadas com a utilização dos componentes complementares como os blocos do tipo canaleta, onde são injetadas no concreto e barras de aço em seu interior. As cintas em sistema de alvenaria racionalizada podem assumir duas formas, utilizando-se as combinações dos blocos compensadores e jotas, sendo todos preenchidos com concreto e ferragens. No segundo caso utilizam-se peças pré-moldadas (FIGURA 3 - Cintas, vergas e contravergas) (VITALÓ; FRANCO, 2000; MONTEIRO, 2011).

Figura 3 - Cintas, vergas e contravergas.

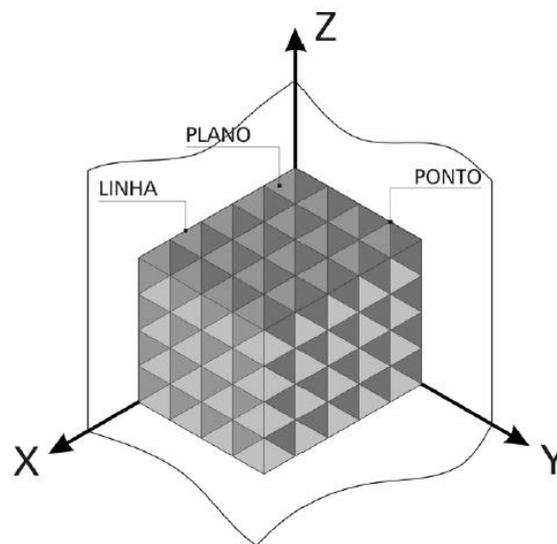


Fonte: Elaborada pelo pesquisador.

O desenvolvimento de qualquer sistema construtivo deve utilizar as seguintes ferramentas: sistema de referência; sistema modular de medidas; sistema de ajustes e

tolerâncias (ou ajuste modular) e o sistema de números preferenciais. O sistema de referência é formado de pontos, linhas e planos, que determinam a posição e a medida de cada componente da construção, a partir de um módulo qualquer, permitindo, a sua conjugação racional no todo ou em parte. Ainda dentro desse sistema temos o reticulado modular espacial de referência e quadriculado modular de referência ou malha modular, que são instrumentos para construção de componentes e projetos a partir de malhas bidimensionais ou tridimensionais (GREVEN; BALDAUF, 2007) (FIGURA 4).

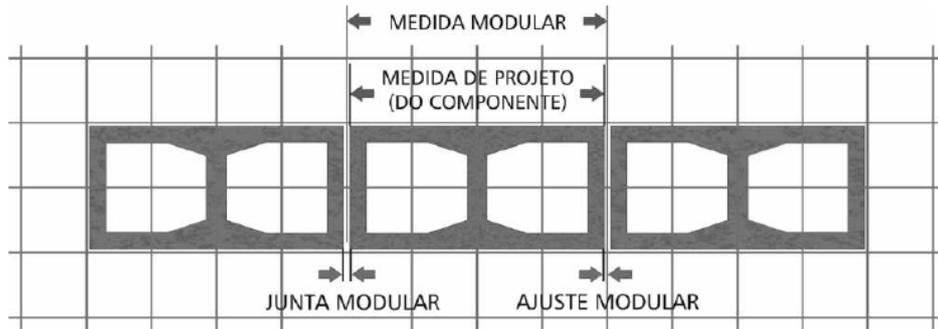
Figura 4 - Reticulado espacial ou quadriculado.



Fonte: Greven e Baldauf (2007).

O sistema modular de medidas baseia-se na unidade de medida básica da coordenação modular, o módulo, e em alguns múltiplos inteiros ou fracionários dele. O mesmo serve como referência dimensional para produção de todos os componentes e do próprio edifício. A medida modular e a medida do componente do projeto assim como todas as medidas oriundas do módulo podem ser considerados como medidas modulares, sendo representadas, matematicamente, pela equação “ nM ”, onde n é um número positivo inteiro qualquer; e M é o módulo. Porém, os componentes obedecem às dimensões do módulo, porque suas dimensões devem levar em conta a tolerância de fabricação e as juntas necessárias à melhor adaptação do componente no espaço que lhe é destinado, sem invadir a medida modular do componente adjacente (FIGURA 5) (GREVEN; BALDAUF, 2007).

Figura 5 - Medida modular e ajuste modular.



Fonte: Greven e Baldauf (2007).

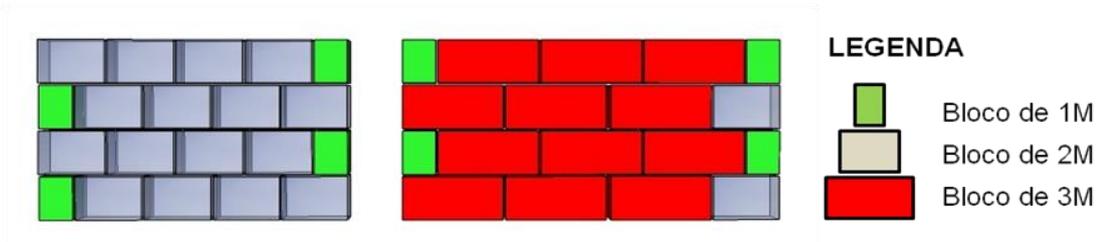
O sistema de ajustes e tolerâncias tem por objetivo permitir o ajuste modular entre os componentes. Os mesmos podem ser positivos, quando as dimensões ultrapassam o tamanho modular; negativos, quando as dimensões são menores que as dimensões modulares; ou nulas quando o tamanho do componente obedece às dimensões modulares (GREVEN; BALDAUF, 2007).

Os projetos de alvenaria desenvolvem-se a partir de regras de modulação, como: modulação horizontal; modulação vertical; e amarração entre paredes. A modulação horizontal consiste na distribuição otimizada de blocos ao longo do comprimento da parede, onde se definem as duas primeiras fiadas. A distribuição otimizada envolve o tipo de blocos, a dimensão de junta vertical e o fato da paginação poder iniciar com qualquer tipo de bloco (MONTEIRO, 2011).

Na modulação vertical, os tijolos devem ser distribuídos alternadamente em um bloco de cada painel a cada fiada, pois é a solução que melhor satisfaz a transmissão de esforços entre painéis. Na adoção desse procedimento, destacam-se duas alternativas (FIGURA 6): (VILATÓ; FRANCO, 2000)

- Amarração de “meio bloco”, na qual o comprimento nominal do bloco corresponde a duas vezes sua largura, mais a espessura da junta vertical; e
- Amarração de “um terço”, na qual o comprimento do bloco corresponde a três vezes sua largura mais a espessura de junta vertical.

Figura 6 - Amarração 1/3 e 1/2.



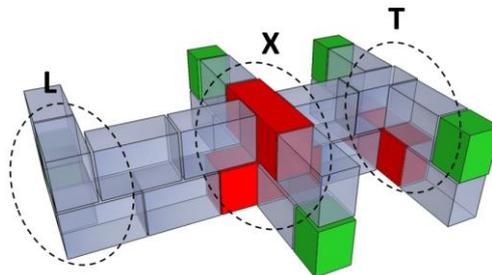
Fonte: Adaptado de Vitaló e Franco (2000).

Segundo Vitaló e Franco (2000), no mercado não existem famílias de blocos que permitam a amarração de 1/3. Porém, existem os blocos MEHIS, desenvolvidos dentro da Universidade Federal do Ceará (UFC) os quais Romcy (2012) utilizou em sua pesquisa.

Além da amarração entre blocos temos a amarração entre paredes que pode ocorrer por meio de telas soldadas ou intertravamento. As telas soldadas têm o papel de unir uma parede à outra ou a outro componente, como um pilar. Já o intertravamento só permite a união de paredes, onde uma parede entra na outra, alternando blocos nas extremidades das fiadas. Nesses pontos recomenda-se a utilização de telas soldadas, cada duas fiadas a partir da 2ª fiada. Dependendo do tipo de encontro entre as alvenarias têm-se vários tipos de amarração possíveis (FIGURA 7) (VILATÓ; FRANCO, 2000):

- Amarração de canto – paredes externas (encontro em “L”);
- Amarração em topo – paredes externa/interna ou interna/interna (encontro em “T”);
- Amarração cruzada – paredes internas (encontro em “X”).

Figura 7 - Amarração entre paredes.



Fonte: Adaptada de Vitaló e Franco (2000).

3 METODOLOGIA

A pesquisa utilizará o método de notação e descrição BOB desenvolvido por Lee, Sacks e Eastman (2006), que terá como suporte científico a estratégia de pesquisa *design science*. Esta estratégia, diferentemente da ciência convencional, não se propõe a descobrir nada novo e sim, produzir algo novo, isto é, um artefato.

O *design science* busca a resolução de problemas ou melhoria de desempenhos, que podem ocorrer por dois caminhos: melhoria da qualidade do produto e melhoria da qualidade do processo de produção (VAISHNAVI; KUECHLER JR., 2007).

A melhoria em si é considerada como um artefato, que pode ser validado de duas maneiras: realizações de experiências em espaços controlados por meio de simulações e observações em situações reais. Durante e após as experiências deve-se analisá-lo de forma estática (complexidade) e dinâmica (performance), realizando testes funcionais e estruturais. Todos os experimentos devem ser avaliados a partir de embasamento científico e empírico, onde se comparando a outros experimentos já realizados (HEVNER *et al.*, 2004).

A cada teste realizado, deve-se fazer uma análise de suas falhas e potencialidades, retomando aos estudos teóricos, e refazendo o artefato até que se consiga atingir o objetivo final (VAISHNAVI; KUECHLER JR., 2007).

O artefato visa resolver problemas enfrentados no mundo real, cuja contribuição teórica ocorre, a partir de sua aplicação. Dentre os artefatos que podem ser produzidos estão: modelos, diagramas, planos, estruturas organizacionais, produtos comerciais e *design* de sistemas de informação. Assim, o artefato a ser desenvolvido nesta pesquisa serão diagramas aplicáveis em qualquer plataforma BIM, visando à automação de projeto de alvenaria racionalizada (LUKKA, 2003).

E para o desenvolvimento do mesmo utilizaremos o método BOB com suas devidas adaptações. O método BOB original é desenvolvido em quatro etapas. Porém, devido à ausência de um programador para dar suporte ao trabalho, faremos pequenas alterações nas duas etapas finais.

A primeira é a fase de elucidação, que consiste em clarear a intenção do *design* e identificar a expectativa do comportamento do objeto. O comportamento do objeto deve ser descrito de forma declarativa e não precisa ser detalhada em termos de parâmetros e restrições geométricas.

A segunda é a fase de *design*, são identificados os parâmetros e restrições geométricas de cada componente de uma forma individual, verificando os comportamentos de rotação, translação, remodelação e fixação. E também dos componentes agrupados, onde se observa: as relações de alinhamento, igual espaçamento horizontal e restrição normal. Após esse processo, determinam-se os padrões mínimos do sistema, que consiste em todas as possibilidades da ação e reação do mesmo.

Na terceira, consiste a fase de validação, onde são validados o comportamento dos padrões submetendo-os em testes distintos na forma de *script* dentro da plataforma *Archicad* 18. Após os testes realizados iremos avaliar se atingiram os padrões pré-estabelecidos e, caso não, são propostos novos padrões e realizados novos testes. Os testes a serem realizados ocorrem de formas diferentes em cada experimento.

Como última fase, a fase de tradução, onde utilizamos alguns recursos do método de modelagem do processo de produto GTPMM. No caso o método modelagem da informação UML utilizado na coleta de requisitos para a criação dos objetos paramétricos e o desenvolvimento de diagramas de atividades, pois os mesmos não precisam ser desenvolvidos em linguagem de programação. Assim, os diagramas desenvolvidos foram os nossos artefatos que servirão como base para geração de um *plug in* aplicável em qualquer plataforma BIM (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2000).

Mesmo nosso produto final sendo um diagrama, que segundo Lee, Sacks e Eastman (2006) não permitem uma validação precisa, pois através do mesmo, algumas possibilidades podem estar ocultas, a nossa forma de validação por meio de uma simulação em *script*, proposta por nós, permite observar as mesmas possibilidades observáveis em *plug in*.

Após o desenvolvimento do artefato será verificada a sua contribuição teórica, onde iremos avaliá-lo a partir de comparações com trabalhos anteriores. Logo se

refutará ou complementarará o que já fora discutido. Assim, teremos como contribuição o próprio artefato e o seu processo de produção. Os diagramas produzidos e a acumulação do conhecimento atenderão mais diretamente aos desenvolvedores de ferramentas BIM e a própria comunidade científica que, a partir dos mesmos, poderão desenvolver novas ferramentas. Quando o *plug in* for de fato desenvolvido contribuirá para os usuários melhorarem seus processos de projeto.

4 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento, como relatado no capítulo anterior, foi dividido em quatro etapas: fase de elucidação, fase de *design*, fase de validação e fase de tradução, apresentadas a seguir. Além de realizarmos o estudo do comportamento do projeto de alvenaria duas formas de automação da sua paginação:

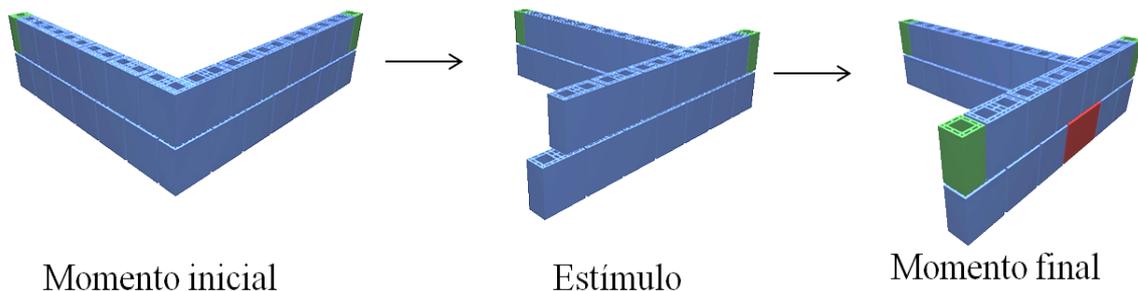
- Reordenamento automático da paginação, após o deslocamento de uma parede já paginada sobre a outra, verificado no experimento I;
- Reordenamento automático da paginação, após a inserção de uma esquadria sobre uma parede já paginada, verificado no experimento II.

4.1 Experimento I

4.1.1 Fase de elucidação

O objeto paramétrico escolhido para ser automatizado foi o sistema construtivo da alvenaria racionalizada de amarração 1/2, que possui como componentes principais os blocos de tijolos (cerâmicos ou de concreto) e as juntas de argamassa. A função escolhida para sua automação foi o reordenamento automático da paginação, após o deslocamento de uma parede já paginada sobre a outra (FIGURA 8). A função escolhida se enquadra no nível de automação de composição edílica (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004).

Figura 8- Comportamento do objeto paramétrico.



Fonte: Elaborada pelo autor.

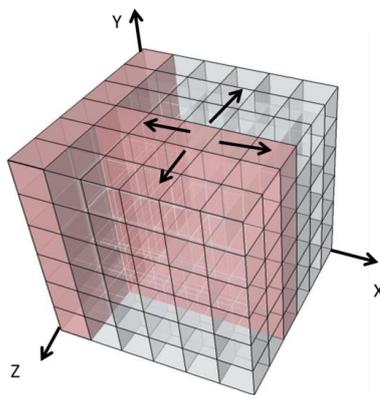
4.1.2 Fase de design

Durante esta fase foram analisadas as restrições e parâmetros além de identificados os padrões de comportamento. A análise partiu do conceito de “modelagem de cima para baixo”, onde se observou, inicialmente, o comportamento da parede sem detalhes, avaliando os seus comportamentos geométricos de rotação, translação e remodelação. Depois as restrições geométricas de alinhamento, igual espaçamento horizontal e restrição normal em relação a outros blocos e juntas de argamassa (SACKS; EASTMAN; LEE, 2004).

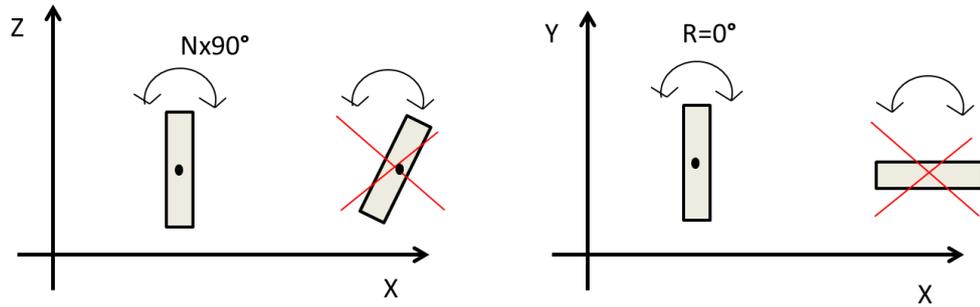
4.1.2.1 Restrições e parâmetros

Os comportamentos de translação e rotação apresentados para paredes servem também para os componentes que a compõem. Ao observarmos as possibilidades de translação das paredes verificamos que, no sistema específico, as mesmas ocorrem de forma perpendicular ou paralela aos eixos X, Y e Z em qualquer direção para cima, para baixo ou para os lados e devem obedecer as distâncias modulares (FIGURA 9). Já no quesito de rotação as paredes só sofrem rotação sobre o plano XZ com deslocamentos sempre múltiplos de 90° , isto é, sobre os planos YX e YZ não haverá rotação (FIGURA 10).

Figura 9 – Translação.

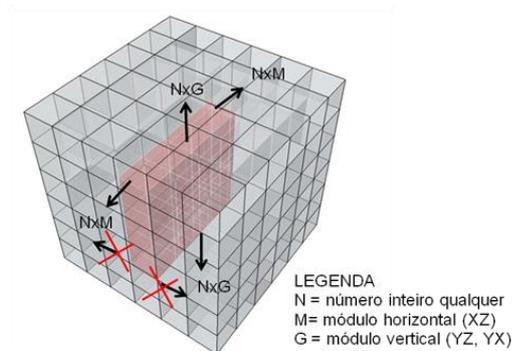


Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 10– Rotação.

Fonte: Elaborada pelo autor.

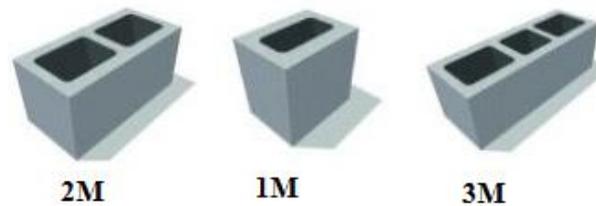
Como a alvenaria racionalizada é um sistema construtivo modular, as dimensões de todos os seus componentes devem ser múltiplos de um módulo M . Porém, no caso específico da alvenaria, a altura, isto é, as dimensões relacionadas ao eixo Y , podem assumir um módulo distinto da espessura e do comprimento, pelo fato da alvenaria e seus componentes não sofrerem rotação nos planos YZ e YX . Assim, para todos os componentes, teremos um módulo de 20 cm, denominado módulo G ; para os planos YZ e YX e para o plano XZ o módulo de 15 cm, denominado módulo M . Isto porque os componentes comerciais seguem essa modulação (FIGURA 11).

Figura 11 - Parâmetros dimensionais das paredes.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os blocos que compõem as alvenarias possuem dimensões fixas, múltiplas do módulo M e módulo G , sendo suas espessuras e alturas fixas, mas os comprimentos variáveis. Logo, temos três tipos de bloco: blocos principais denominados de $2M$ e os blocos de amarração $1M$ e de $3M$, que possuem as seguintes dimensões modulares em termos de comprimento, espessura, altura: $15 \times 15 \times 20$ cm, $30 \times 15 \times 20$ cm e $45 \times 15 \times 20$ cm. Já os tamanhos reais, devido à presença de juntas horizontais e verticais são $14 \times 14 \times 19$ cm, $29 \times 14 \times 19$ cm e $44 \times 14 \times 19$ cm (FIGURA 12).

Figura 12- Família de blocos 15 cm.

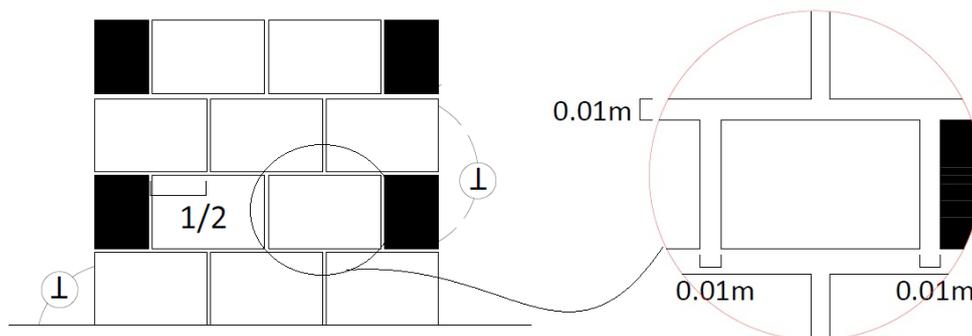


Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao observarmos as restrições geométricas da parede e os seus componentes percebe-se que a distribuição dos blocos sobre a alvenaria deve seguir as seguintes recomendações: a primeira fiada dos blocos se posiciona paralela ao chão e os blocos adjacentes na mesma fiada se encaixam pela espessura. Já os blocos da segunda fiada devem ser encaixados sobre a metade dos blocos da fiada inferior evitando as juntas coincidentes (FIGURA 4).

Entre um bloco e outro, na parte lateral e superior, ficam as juntas de argamassa de 1 cm. Após a definição da primeira e segunda, as fiadas que se seguem repetem as mesmas posições dos blocos, sendo as fiadas ímpares cópias da primeira e as fiadas pares cópias da segunda fiada (FIGURA 13).

Figura 13 - Comportamento dos blocos.



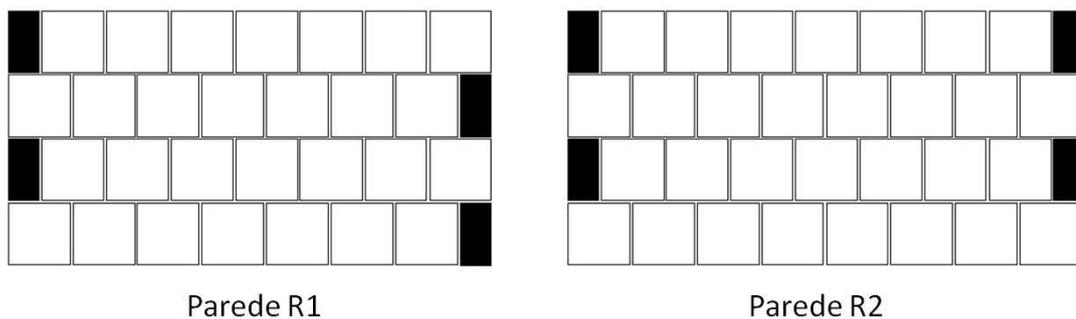
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.1.2.2 Identificação de padrões mínimos

A identificação dos padrões é baseada nas restrições descritas. Ao observarmos o comportamento de uma parede paginada, a partir de suas dimensões podem-se extrair os seguintes padrões:

- R1R1 - quando o preenchimento da primeira fiada termina e começa com o bloco de 1M;
- R1R2 - quando o preenchimento da primeira fiada começa com o bloco 1M e termina com o bloco de 2M;
- R2R1- quando o preenchimento da primeira fiada começa com o bloco de 2M e termina com o bloco de 1M;
- R2R2 - quando o preenchimento da primeira fiada começa e termina com os blocos de 2M; (FIGURA 14).

Figura 14 - Paredes R2R1 e R2R2.



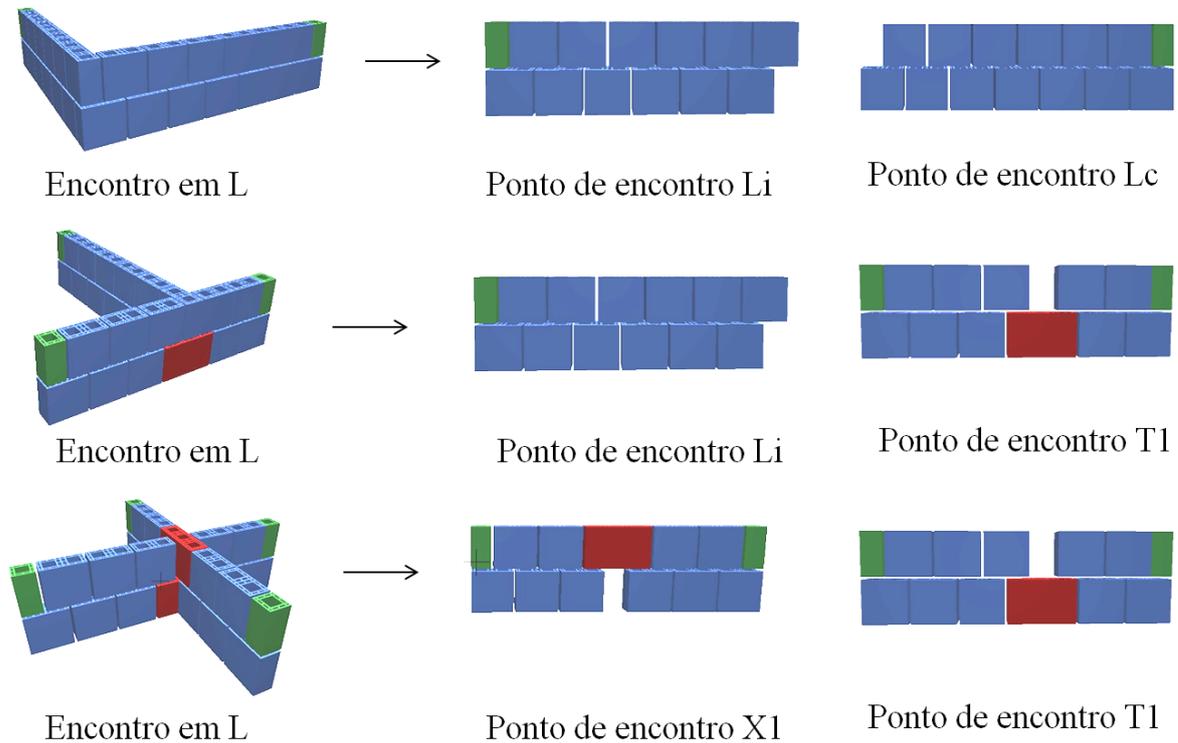
Fonte: Adaptado de Romcy (2012).

Ao observarmos as restrições de rotação aplicadas a um projeto de alvenaria vemos que só existem três possibilidades das paredes se encontrarem: os encontros L, T e X, onde cada parede gera uma relação normal entre elas (VITALÓ; FRANCO, 2000).

Romcy (2012) traz uma nova classificação de encontros denominada Lc, Li, T e X. Porém, quando observamos com mais detalhe deduzimos que para cada tipo de encontro existem dois tipos de paredes. Logo, deduz-se que o encontro “L” possui as possibilidades Lc e Li; “T” possui T1 e Li e “X” possui T1 e X1.

Assim, para evitarmos confusões, nomeamos estas possibilidades de pontos de encontros e renomeamos os padrões X de X1 e o T de T1, diferenciando pontos de encontros de tipos de encontros. Todas as representações que seguem foram apresentadas utilizando somente duas fiadas, pois como dito anteriormente, as fiadas são múltiplas da primeira ou da segunda fiada (FIGURA 15).

Figura 15 - Pontos de encontros.

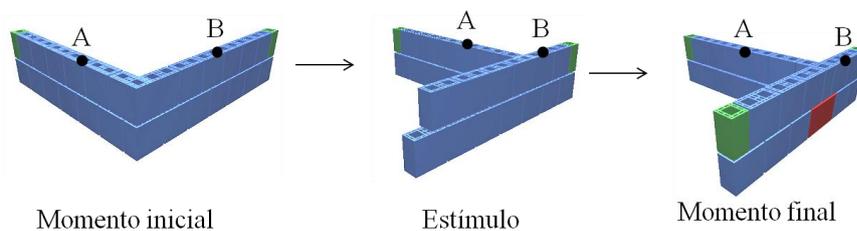


Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao somarmos todas as restrições de translação aos pontos de encontros entre paredes e as possibilidades de deslocamento das paredes identificam-se dois tipos de padrões para cada encontro: deslocamento para o centro, denominado C_e e deslocamento para um extremo, nomeado de Ex .

Quando analisamos mais detalhadamente o comportamento de cada parede pode-se perceber que elas sofrem transformações, que ocorrem devido à necessidade de reajustar as amarrações entre as mesmas, após o deslocamento. No caso, consideramos dois tipos de paredes: uma deslocada (A) e outra fixa (B) (FIGURA 16).

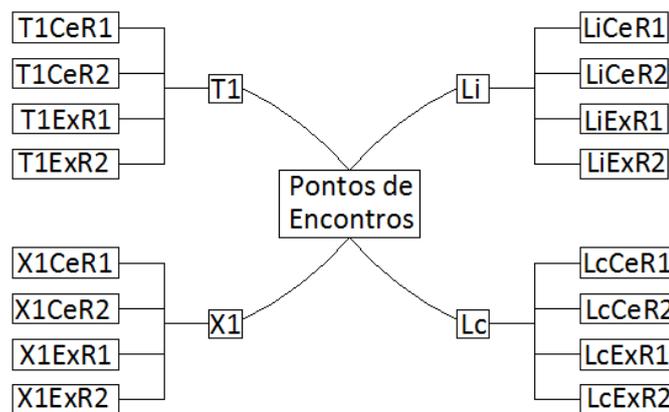
Figura 16 - Exemplo de transformação de paredes após o deslocamento.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Com o intuito de organizar melhor as informações estabeleceu-se que os padrões serão nomeados a partir da parede fixa (B) e do tipo de deslocamento e transformação que ocorre sobre a mesma. Exemplo: em um encontro L pode haver o deslocamento de uma parede Li ou Lc e as mesmas podem ser do tipo Ce ou Ex. Logo, se uma parede Li se desloca sobre uma parede Lc para um ponto extremo (Ex) da mesma, o nome do padrão será LcEx e assim por diante. Logo, a partir de cada ponto de encontro teremos um conjunto de padrões (FIGURA 17).

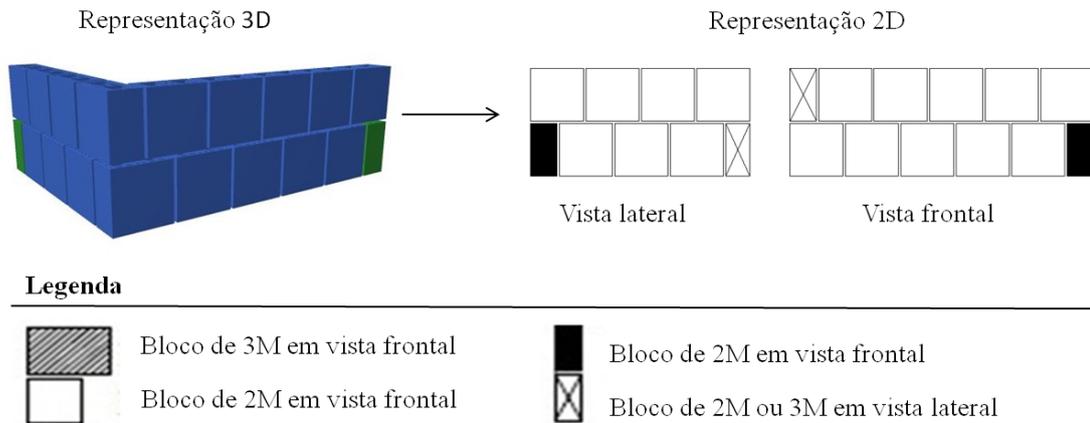
Figura 17 - Padrões de deslocamento: hipótese inicial.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.1.3. Fase de validação

Durante esta etapa todos os padrões apresentados acima foram modelados e submetidos a testes dentro do *software Archicad 18* em nível de *script*, onde foram simuladas diversas situações. Os modelos desenvolvidos possuem representações tridimensionais e bidimensionais que, no caso, optamos somente pelas bidimensionais, pois permitem uma visualização mais objetiva e clara do comportamento dos padrões (FIGURA 18).

Figura 18 - Representações Archicad 18.

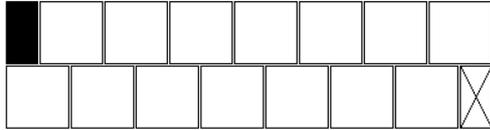
Fonte: Elaborada pelo autor.

Sobre cada padrão apresentado foram realizados dois ou mais testes. O primeiro foi de reconhecimento do comportamento, os restantes foram de validação. O comportamento é validado quando o mesmo se repete, pois a tendência de todo padrão é de se repetir ao longo de todos os testes que apresentem contextos similares. Os testes foram divididos em duas categorias: Ce e Ex.

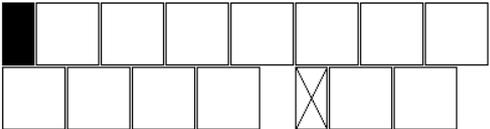
Na categoria Ce, o primeiro teste consiste em deslocar uma parede sobre a outra em uma distância “d” múltipla do módulo “M”, isto é, obedecendo a seguinte equação $d = X \times M$, onde “X” corresponde a um número inteiro qualquer. Os testes seguintes consistem em deslocá-la em distâncias múltiplas do módulo M, mas sempre se somando mais um módulo a cada teste quantas vezes forem necessárias para que o padrão se repita. Assim, no primeiro teste, será $d = X \times M$, o segundo, $d = X \times M + M$, o terceiro $d = X \times M + 2M$ e assim sucessivamente. Nas figuras 19 e 20 pode se observar como foram realizados o teste 01 e 02 do padrão LiCe.

Figura 19 – Teste 01 – LiCeR1 (LiCe1R1)

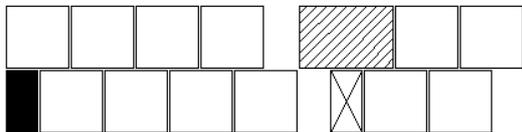
Momento Inicial.



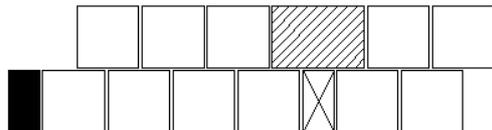
Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.



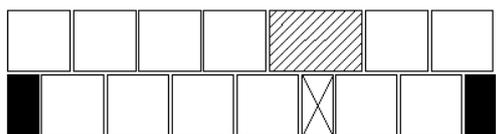
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado a favor do deslocamento.



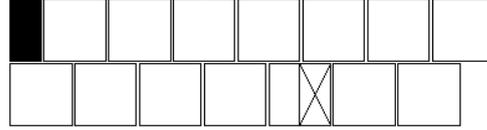
Deslocamento do bloco de 1M, localizado na fiada ímpar e no ponto extremo do lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



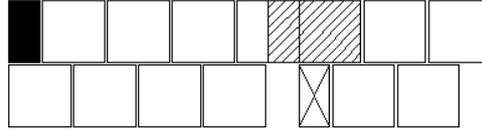
Inserção de um bloco 1M na fiada ímpar, no ponto extremo do lado contrário a deslocamento.



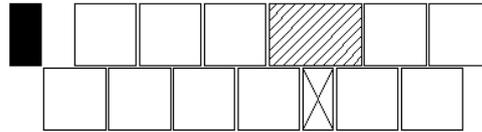
Deslocamento da parede Lc sobre Li.



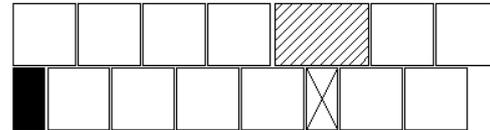
Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



Deslocamento de todos blocos 2M, localizados ao lado a favor do deslocamento, 10cm (1M) em direção ao encontro.

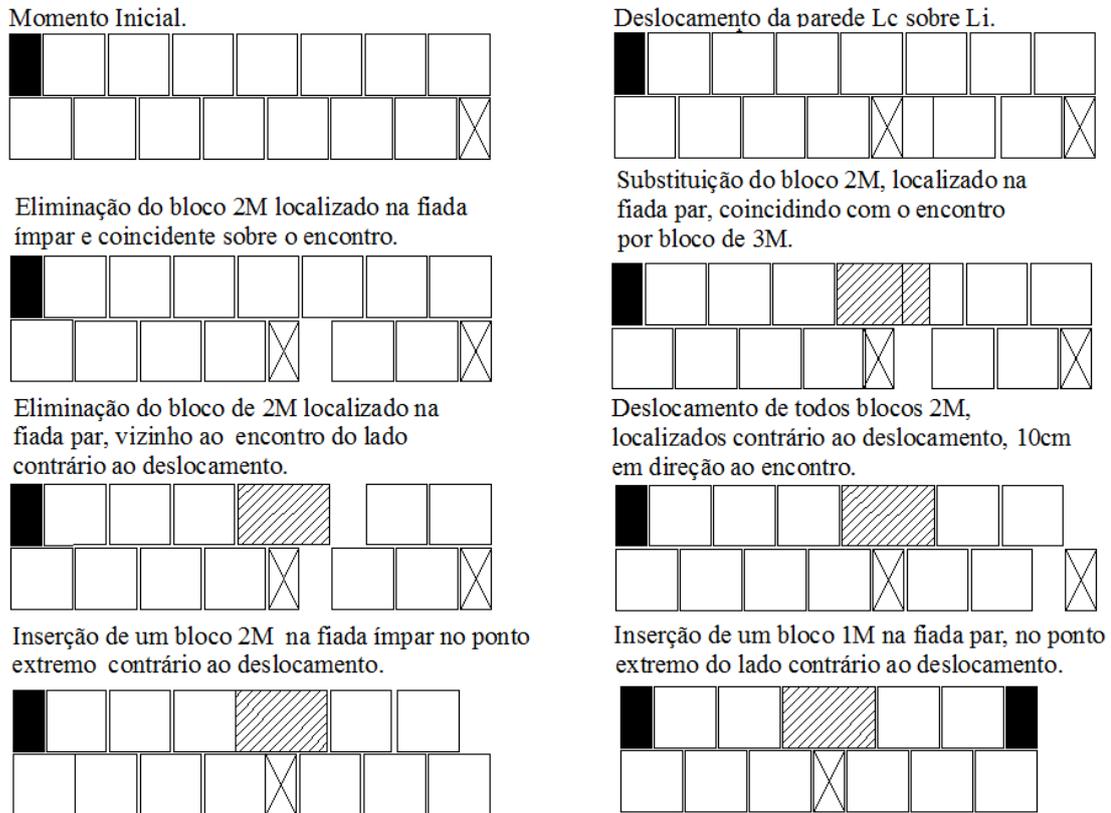


Inserção de um bloco 2M na fiada par no ponto extremo no lado contrário ao deslocamento.



Fonte: Elaborada pelo autor.

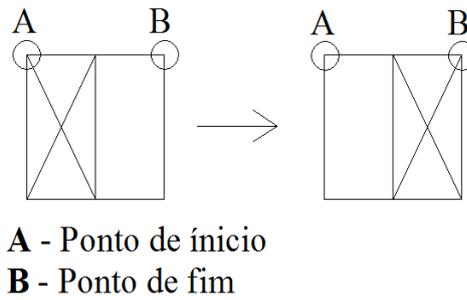
Figura 2020 – Teste 02 - LiCeR1 (LiCe2R1).



Fonte: Elaborada pelo autor.

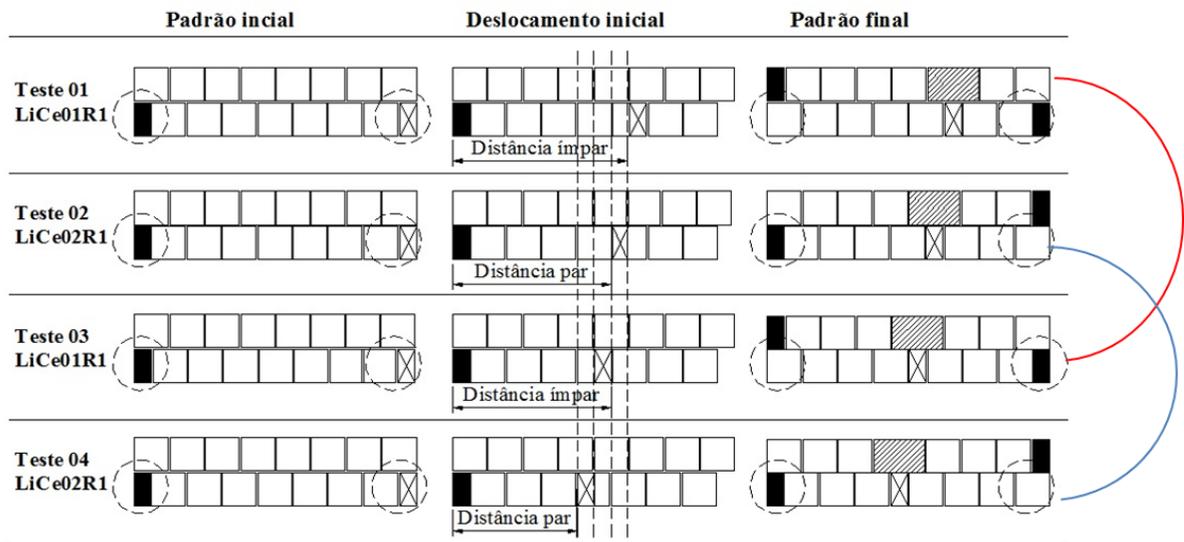
Após a realização dos testes 01 e 02 verificou-se que os padrões do tipo LiCeR1 geraram resultados distintos, isto é, o mesmo não foi validado. Porém, ao analisarmos com mais detalhe o padrão, verificou-se que o fato dos blocos estarem submetidos à amarração do tipo 1/2 o mesmo tende gerar duas variações. A primeira ocorre quando a parede deslocada coincide com o início do bloco da parede fixa, isto é, quando o deslocamento percorre uma distância par, que denominamos de LiCe2R1. A segunda ocorre quando a parede deslocada coincide com o final do bloco da parede fixa e, conseqüentemente, o deslocamento percorre uma distância ímpar, que denominamos de LiCe1R1 (FIGURAS 21 e 22).

Figura 211 - Possibilidade de pontos de encontros sobre o bloco.



Fonte: Elaborada pelo autor.

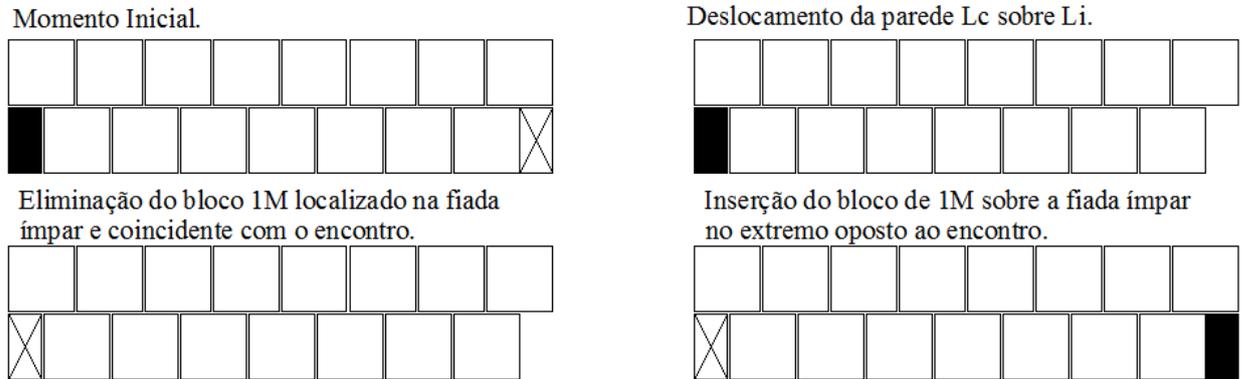
Figura 222 – Resultados dos testes 01, 02, 03, 04



Fonte: Elaborada pelo autor.

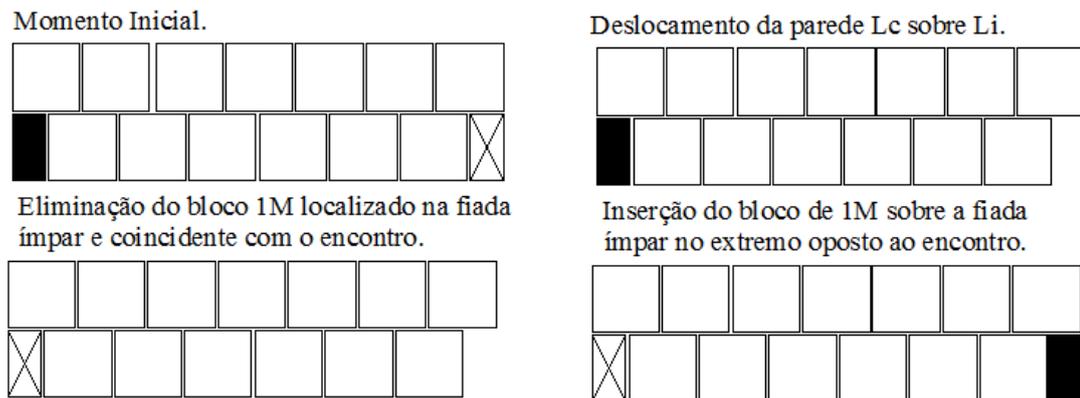
No deslocamento do tipo Ex, o primeiro teste consiste em deslocar uma parede sobre a outra até um de seus pontos extremos. Os testes sequenciais deve-se realizar o mesmo deslocamento, porém, ampliando o comprimento da parede fixa (C_p) no valor de um módulo ($1M$) quantas vezes forem necessárias da seguinte forma: primeiro teste: $C_p = X \times M$; segundo teste: $C_p = X \times M + 1M$; terceiro teste: $C_p = X \times M + 2M$ até o padrão se repetir (FIGURAS 23 e 24).

Figura 2323 – Teste 01- LiExR1.



Fonte: Elaborada pelo autor.

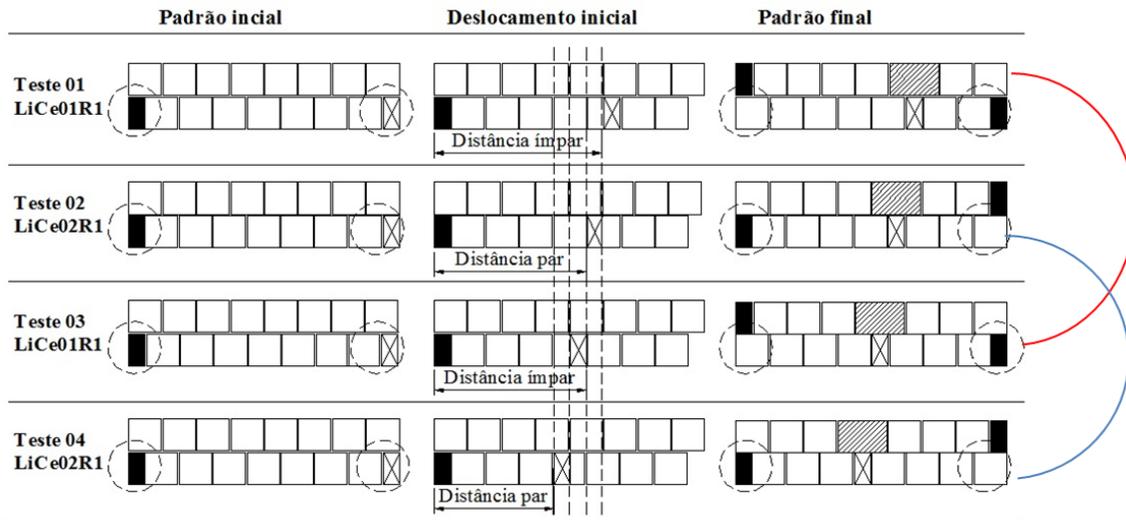
Figura 2424 – Teste 02 - LiExR1.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Com a realização dos testes LiExR1 verifica-se que após o segundo teste apareceu o padrão LiExR2. Já com realização dos testes sequenciais os mesmo padrões se repetiram de forma sequencial. Logo, percebeu-se que uma parede com um comprimento par gera o padrão LiExR2. No caso da distância ímpar temos um padrão LcExR1 (FIGURA 25).

Figura 2525– Testes LcExR1

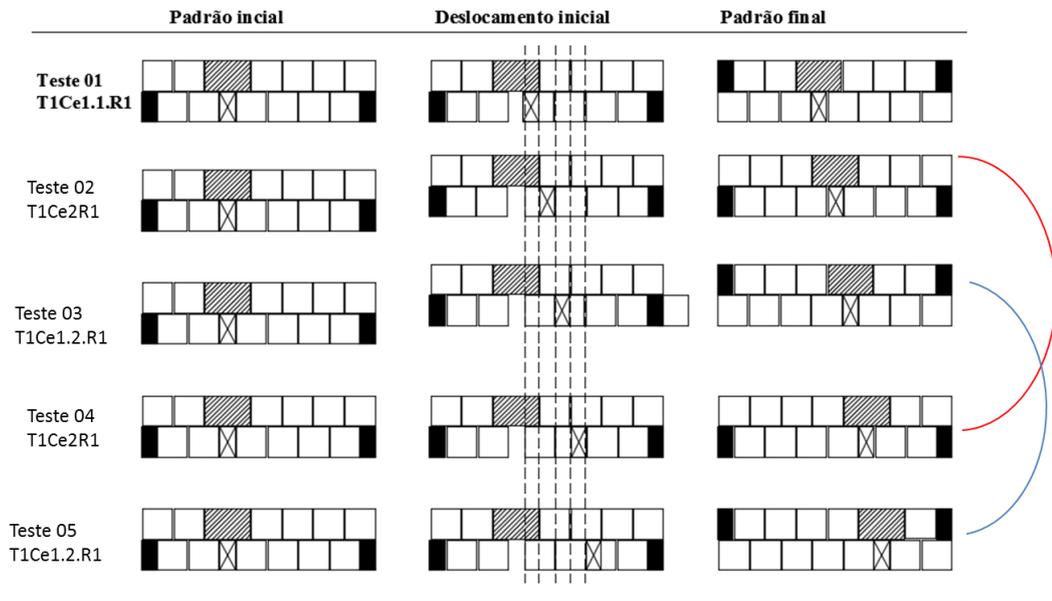


Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a realização dos testes Ce e Ex para os pontos de encontros Li e Lc, percebeu-se o surgimento de novos padrões para o teste Ce, no caso subdividido em C1 e C2. No caso dos testes Ex, não houve o surgimento de novos padrões (APÊNDICES A ao H).

Por fim realizamos testes com os padrões T1 e X1. Ao fim dos mesmos observamos a existência de 03 padrões, distintos: Ce1.1, quando o deslocamento corresponder ao valor de um módulo; Ce1.2., quando o deslocamento foi ímpar, excluído o valor de um módulo; e Ce2, quando o deslocamento for par. A subdivisão do padrão Ce1.1. e Ce1.2. é necessária porque os algoritmos são distintos apesar de gerarem reações iguais. Sobre os algoritmos distintos podem-se verificar os padrões (FIGURA 26) (APÊNDICES I ao X).

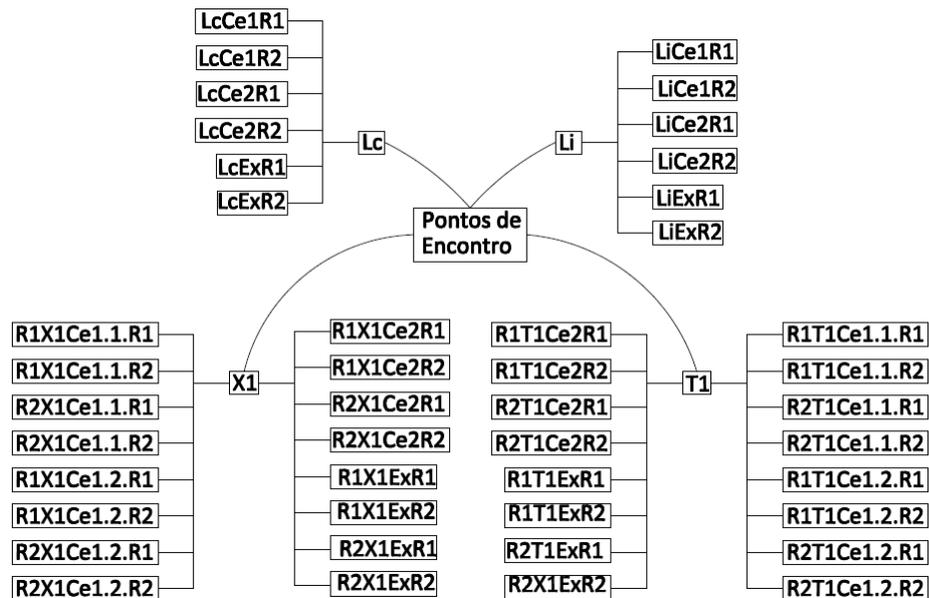
Figura 26 – Testes - Padrão T1CeR1.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Assim, após todos os testes verificou-se a validação de todos os padrões propostos. Além da adição de mais uma tipologia de padrão para os pontos de encontro X1 e T1 na subdivisão do padrão do Ce1 em Ce1.1. e Ce.1.2., já o padrão Ce2 manteve-se da mesma forma (FIGURA 27).

Figura 27 - Diagrama conjuntos de padrões.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.1.4 Fase de implantação

Os diagramas de atividades foram desenvolvidos em três etapas. Primeiro extraímos os fluxos de ações descritos em cada padrão dos conjuntos Li, Lc, T1 e X1 simulados em *script*. Depois os comparamos por tipo Ce ou Ex. Por fim, construímos o diagrama.

Para cada conjunto de dados Li, Lc, T e X e seus subtipos foram gerados quadros comparativas a partir de dados extraídos, onde cada tipo de padrão é inserido em uma coluna, enquanto dentro das linhas colocamos suas ações. Com o intuito de facilitar a identificação de ações similares para padrão adotamos uma cor para cada padrão e quando os padrões são iguais adotamos a mesma cor. O primeiro conjunto a ser simulado foi o LiCe, composto por LiCe1R1, LiCe1R2, LiCe2R1 e LiCe2R2 como se pode ver no Quadro 2.

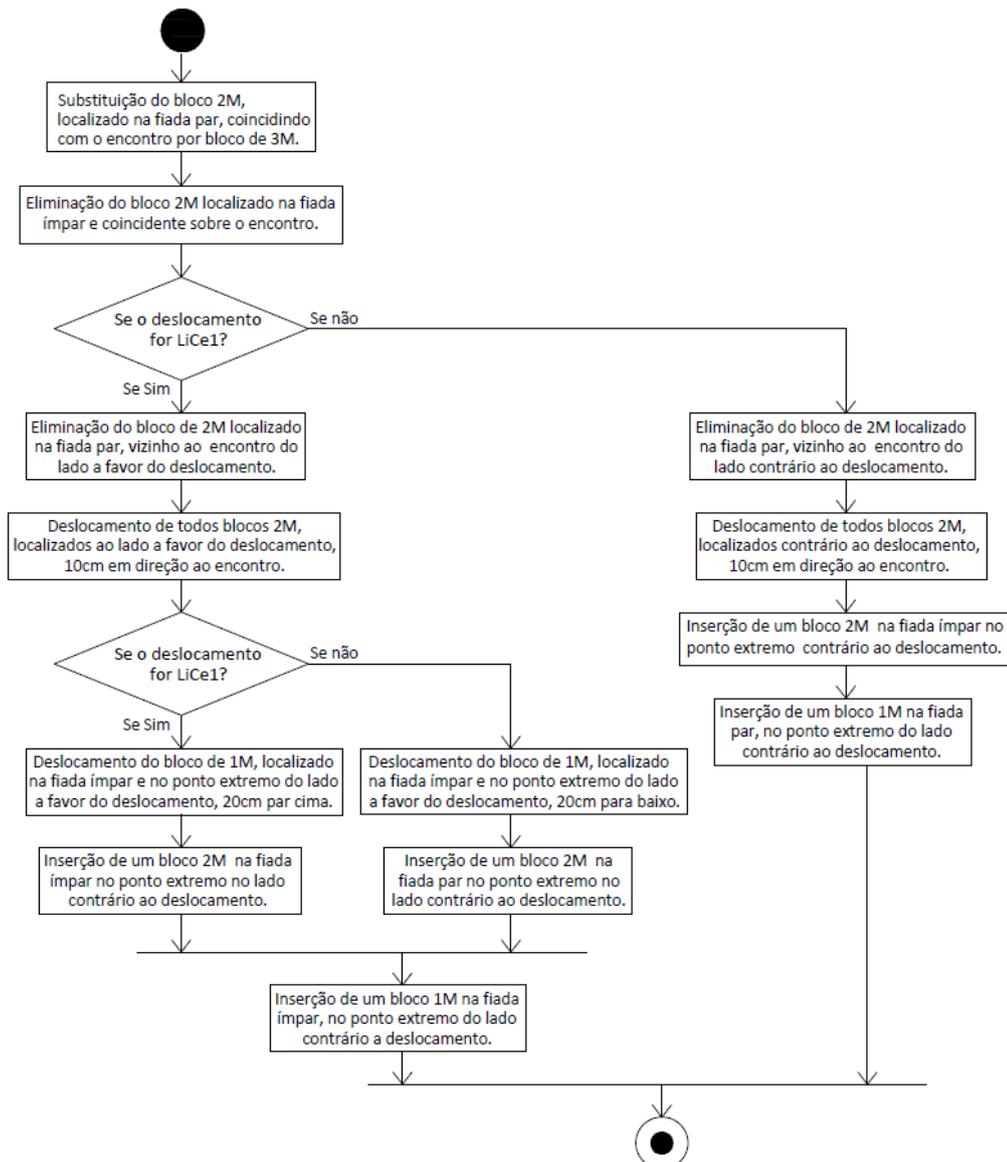
Quadro 2 - Padrões LiCe.

	LiCe1R1	LiCe1R2	LiCe2R1	LiCe2R2
01	Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.	Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.	Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.	Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.
02	Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.	Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.	Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.	Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.
03	Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado a favor do deslocamento.	Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado a favor do deslocamento.	Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado contrário ao deslocamento.	Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado contrário ao deslocamento.
04	Deslocamento de todos os blocos 2M, localizados ao lado a favor do deslocamento, 10 cm em direção ao encontro.	Deslocamento de todos os blocos 2M, localizados ao lado a favor do deslocamento, 10 cm em direção ao encontro.	Deslocamento de todos os blocos 2M, localizados contrário ao deslocamento, 10 cm em direção ao encontro.	Deslocamento de todos os blocos 2M, localizados contrário ao deslocamento, 10 cm em direção ao encontro.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao observarmos o quadro 2, notamos que há muitas ações iguais que, dentro do diagrama, geraram um único fluxo de ações. Porém, quando apareceram ações divergentes utilizamos as bifurcações. Em outros momentos, após a bifurcação, tivemos que utilizar a barra de união para gerarmos, novamente, um fluxo comum (FIGURA 28 Figura).

Figura 28 - Diagrama conjunto de padrões LiCe.



Fonte: Elaborada pelo autor.

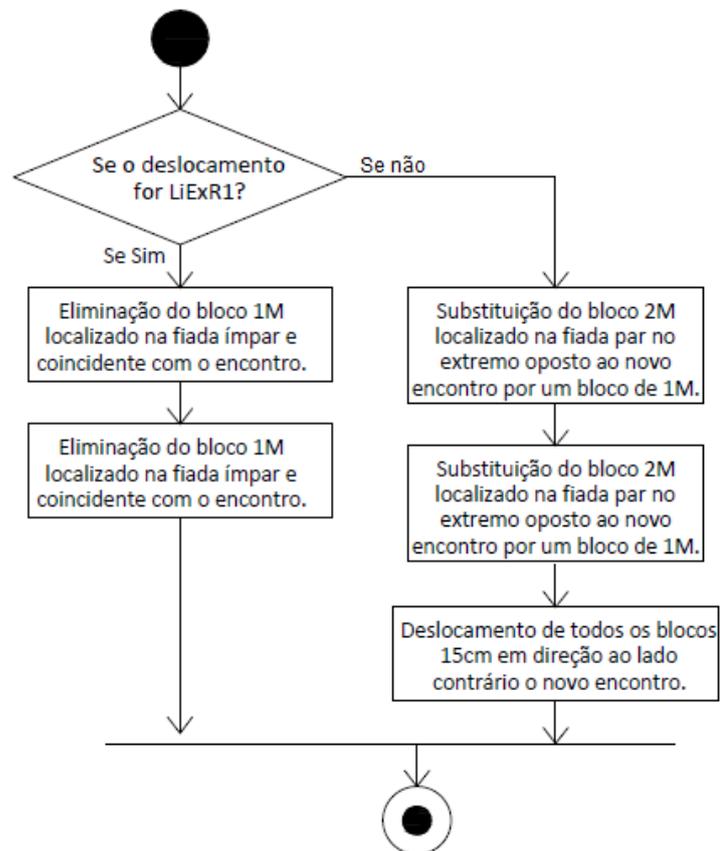
Ao organizarmos o conjunto de ações LiEx em quadros comparativos verificamos que não há nenhuma ação em comum entre os mesmos (QUADRO 3). Logo o diagrama gerado é bem simples e gerado por duas sequências de ações concorrentes (FIGURA 29).

Quadro 3 - Conjunto de ações do padrão LiEx.

	LiExR1	LiExR2
01	Eliminação do bloco 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com o encontro.	Substituição do bloco 2M localizado na fiada par no extremo oposto ao novo encontro por um bloco de 1M.
02	Inserção do bloco de 1M sobre a fiada ímpar no extremo oposto ao encontro.	Substituição do bloco 1M localizado na fiada par e coincidente com o novo encontro por um de 2M.
03		Deslocamento de todos os blocos 15 cm em direção ao lado contrário o novo encontro.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 29 - Diagrama LiEx.



Fonte: Elaborada pelo autor.

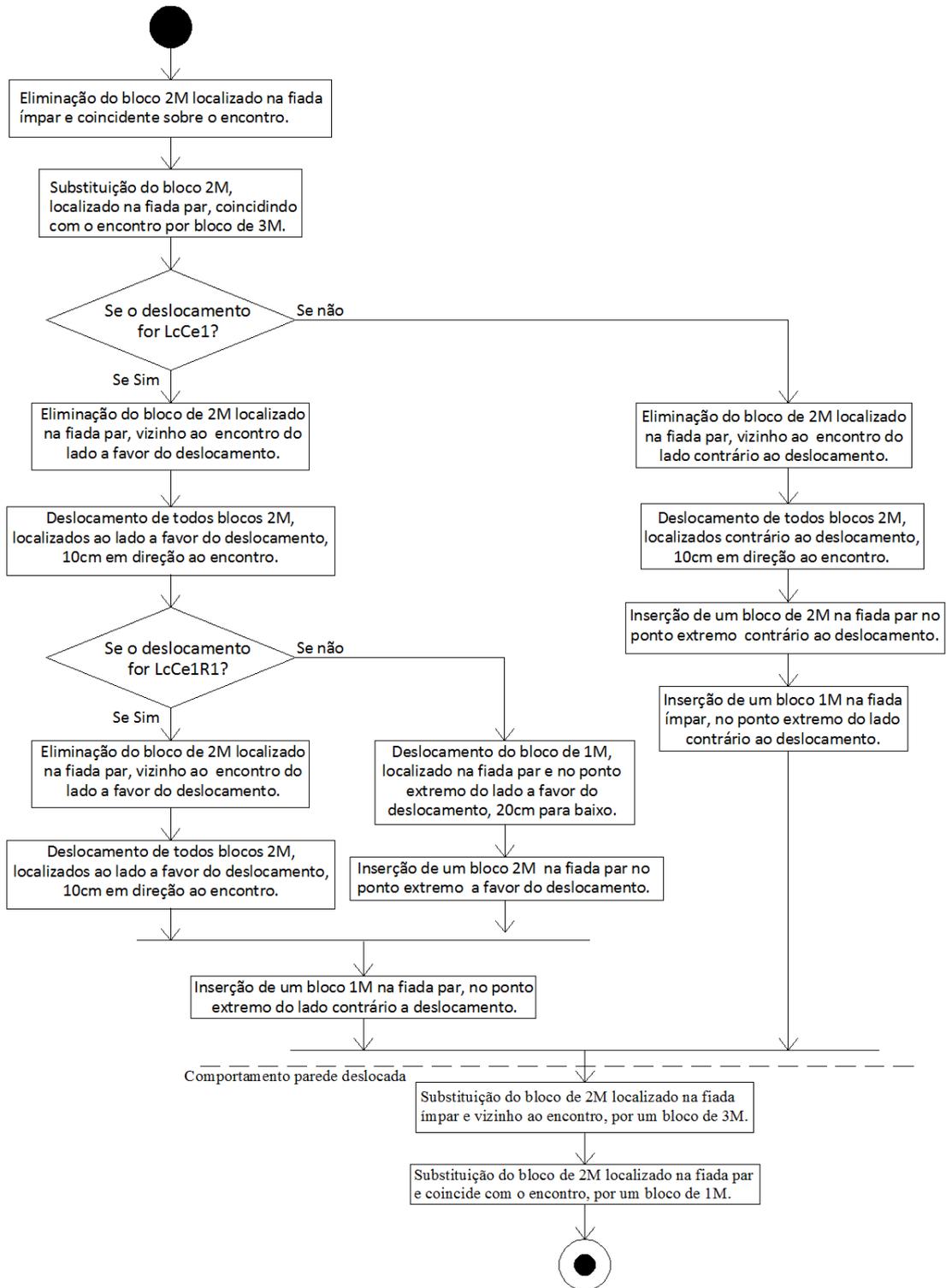
O conjunto de padrões LcCe, formado por LcCe1R1, LcCe1R2, LcCe2R1, LcCe2R2 gerou um comportamento similar ao conjunto de padrões LiCe (QUADRO 04). Consequentemente, o diagrama de atividades de ambos tem formas similares (FIGURA 30). Com a pequena diferença, temos a necessidade de adicionar o comportamento da parede deslocada que sofre modificação.

Quadro 4 - Ações do padrão LcCe.

	LcCe1R1	LcCe2R2	LcCe1R1	LcCe2R2
01	Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.	Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.	Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.	Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.
02	Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.	Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.	Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.	Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.
03	Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado a favor do deslocamento.	Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado a favor do deslocamento.	Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado contrário ao deslocamento.	Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado contrário ao deslocamento.
04	Deslocamento de todos os blocos 2M, localizados ao lado a favor do deslocamento, 10 cm em direção ao encontro.	Deslocamento de todos os blocos 2M, localizados ao lado a favor do deslocamento, 10 cm em direção ao encontro.	Deslocamento de todos os blocos 2M, localizados contrário ao deslocamento, 10 cm em direção ao encontro.	Deslocamento de todos os blocos 2M, localizados contrário ao deslocamento, 10 cm em direção ao encontro.
05	Deslocamento do bloco de 1M, localizado na fiada ímpar e no ponto extremo do lado a favor do deslocamento, 20 cm para cima.	Deslocamento do bloco de 1M, localizado na fiada par e no ponto extremo do lado a favor do deslocamento, 20 cm para baixo.	Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo contrário ao deslocamento.	Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo contrário ao deslocamento.
06	Inserção de um bloco 2M na fiada ímpar no ponto extremo contrário ao deslocamento.	Inserção de um bloco 2M na fiada par no ponto extremo a favor do deslocamento.	Inserção de um bloco 1M na fiada ímpar, no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.	Inserção de um bloco 1M na fiada ímpar, no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.
07	Inserção de um bloco 1M na fiada par, no ponto extremo do lado contrário a deslocamento.	Inserção de um bloco 1M na fiada par, no ponto extremo do lado contrário a deslocamento.		
Ações referentes à parede deslocada				
Substituição do bloco de 2M localizado na fiada ímpar e vizinho ao encontro, por um bloco de 3M.				
Substituição do bloco de 2M localizado na fiada par e coincide com o encontro, por um bloco de 1M				

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 30 - Diagrama LcCe.



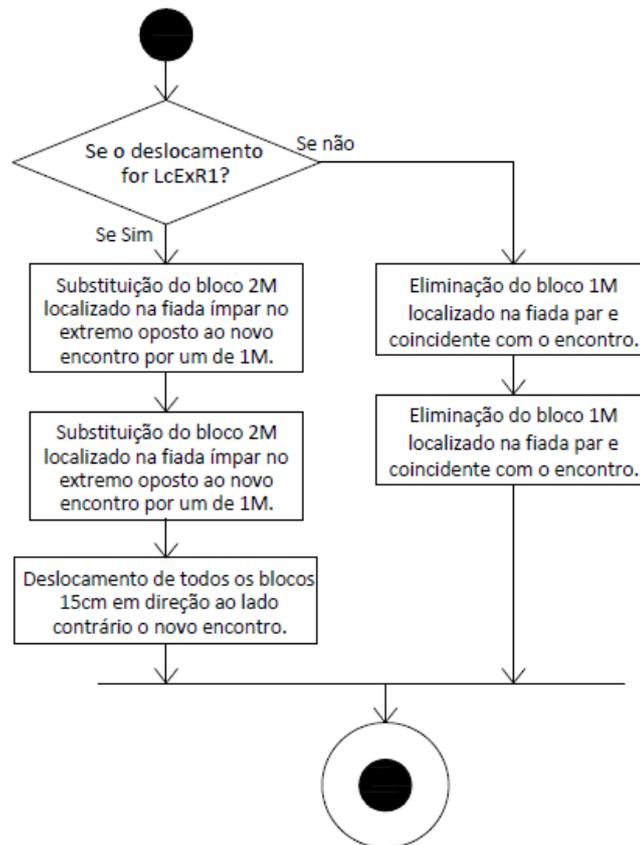
Fonte: Elaborada pelo autor.

Por fim, o conjunto padrão LcEx, formado por LcExR1, LcExR2 gerou tabelas comparativas e diagramas também com formas similares ao LiEx (QUADRO 5 e FIGURA 31).

Quadro 5 - Conjunto de ações do padrão LcEx.

	LcExR1	LcExR2
01	Substituição do bloco 2M localizado na fiada ímpar no extremo oposto ao novo encontro por um de 1M.	Eliminação do bloco 1M localizado na fiada par e coincidente com o encontro.
02	Substituição do bloco 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com o novo encontro por um de 2M.	Inserção do bloco de 1M sobre a fiada par no extremo oposto ao encontro.
03	Deslocamento de todos os blocos 15 cm em direção ao lado contrário o novo encontro.	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 31 - Diagrama LcEx.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Como o conjunto de padrões T1Ce possui uma quantidade grande de padrões escolhemos analisá-los por agrupamentos semelhantes, no caso, os grupos T1Ce1.1, T1Ce1.2 e T1Ce2. O primeiro conjunto a ser analisado foi o T1Ce1.1. Após a análise do referido conjunto, nota-se que o mesmo não apresentou nenhuma semelhança com os padrões Li ou Lc. Os conjuntos de ações se iniciam com dois

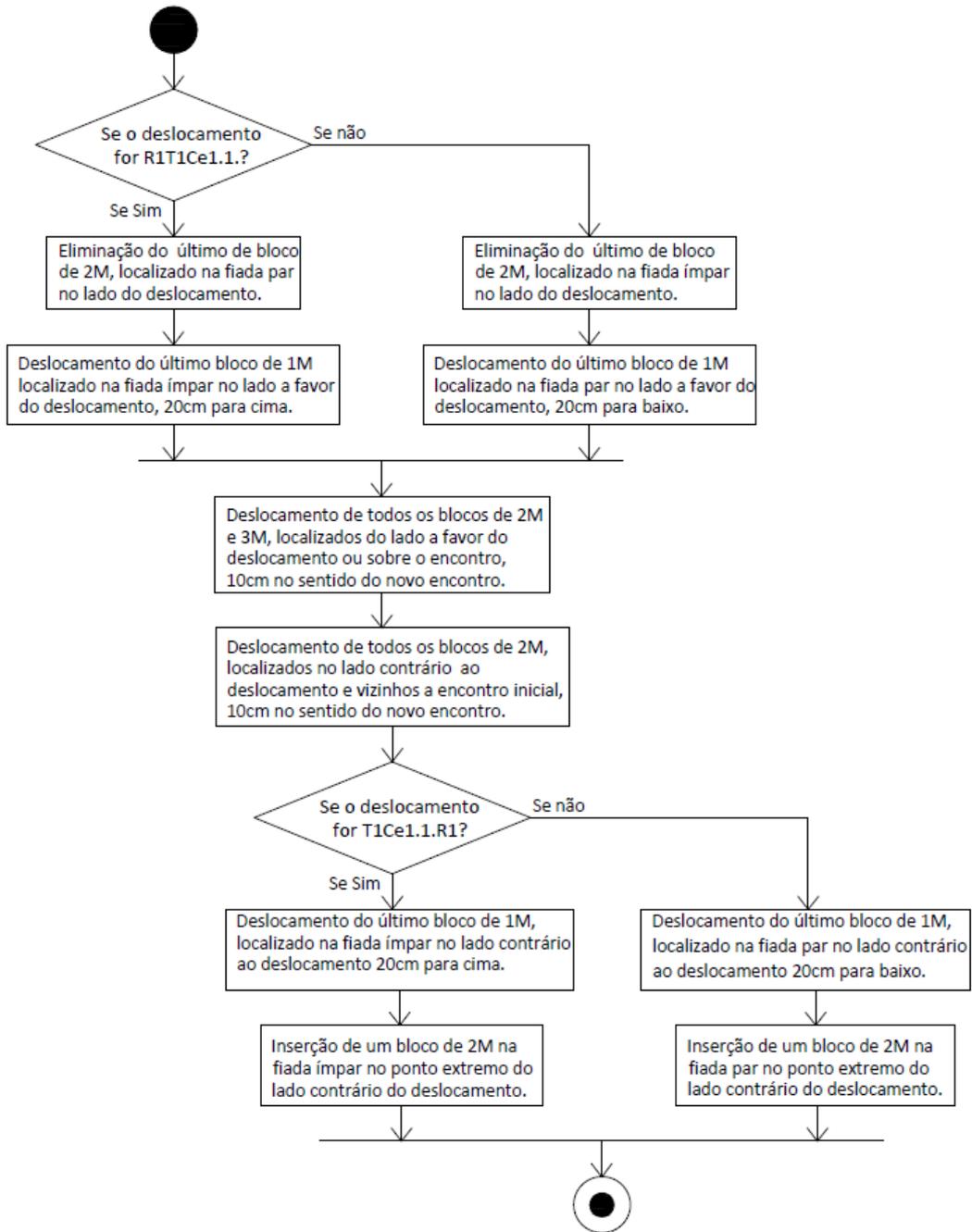
grupos de ações convergentes para depois se unificarem em um único fluxo de ações e retomarem a um novo fluxo de ações convergentes (QUADRO 6), o que é refletido no seu diagrama (FIGURA 32).

Quadro 6 - Conjunto de ações do padrão T1Ce1.1.

	R1T1Ce1.1.R1	R1T1Ce1.2.R2	R2T1Ce1.1.R1	R2T1Ce1.1.R2
01	Eliminação do último de bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.	Eliminação do último de bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.	Eliminação do último de bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.	Eliminação do último de bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.
02	Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20 cm para cima.	Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20 cm para cima.	Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada par no lado a favor do deslocamento, 20 cm para baixo.	Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada par no lado a favor do deslocamento, 20 cm para baixo.
03	Deslocamento de todos os blocos de 2M e 3M, localizados do lado a favor do deslocamento ou sobre o encontro, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M e 3M, localizados do lado a favor do deslocamento ou sobre o encontro, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M e 3M, localizados do lado a favor do deslocamento ou sobre o encontro, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M e 3M, localizados do lado a favor do deslocamento ou sobre o encontro, 10 cm no sentido do novo encontro.
04	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado contrário ao deslocamento e vizinhos a encontro inicial, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado contrário ao deslocamento e vizinhos a encontro inicial, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado contrário ao deslocamento e vizinhos a encontro inicial, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado contrário ao deslocamento e vizinhos a encontro inicial, 10 cm no sentido do novo encontro.
05	Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20 cm para cima.	Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20 cm para baixo.	Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20 cm para cima.	Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20 cm para baixo.
06	Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.	Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.	Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.	Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 32 - T1Ce.1.1.



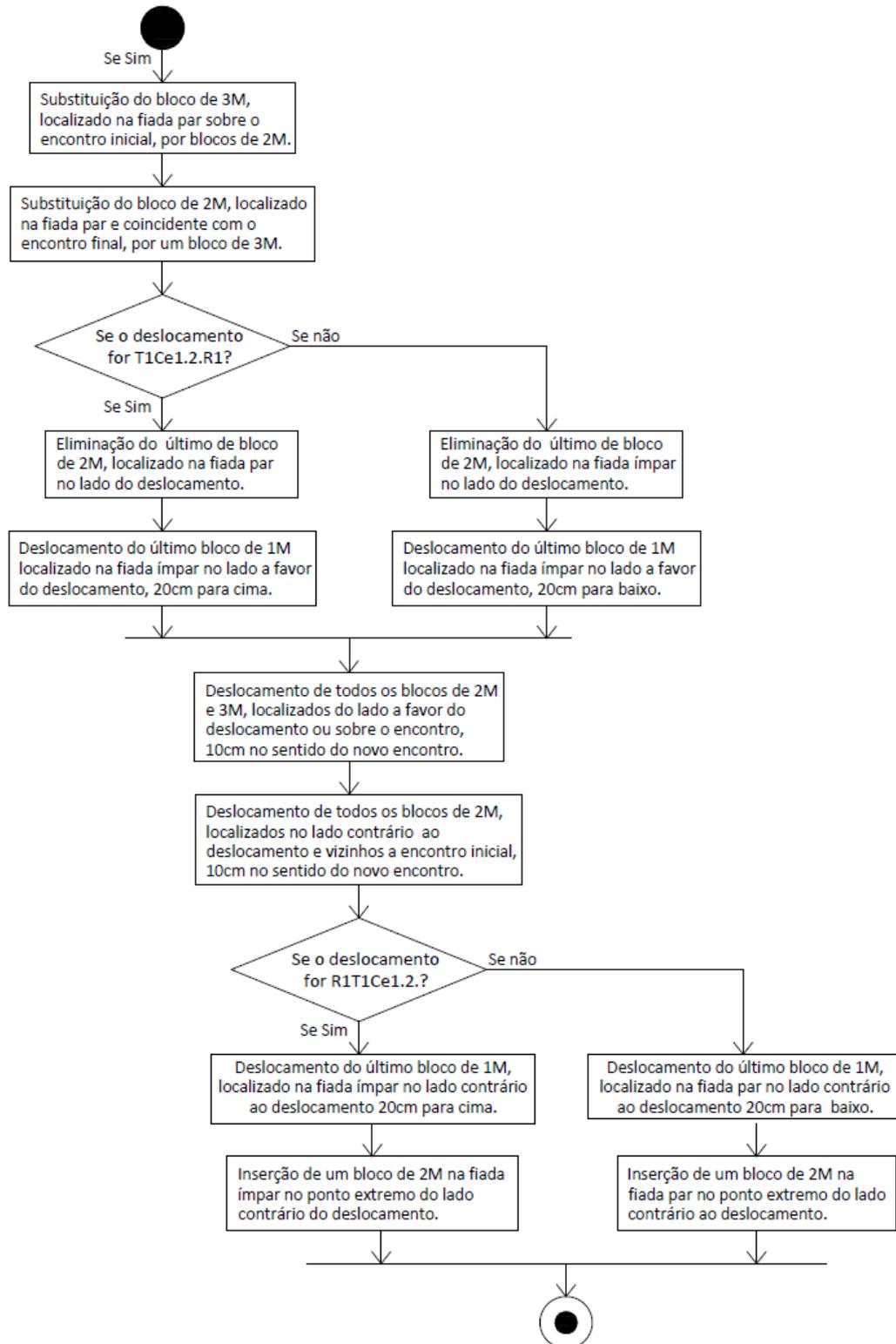
Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 7 - T1Ce.1.2.

	R1T1Ce1.2.R1	R1T1Ce1.2.R1	R2T1Ce1.2.R1	R2T1Ce1.2.R2
01	Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.	Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.	Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.	Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.
02	Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.	Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.	Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.	Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.
03	Eliminação do último de bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.	Eliminação do último de bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.	Eliminação do último de bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.	Eliminação do último de bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.
04	Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20 cm para cima.	Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20 cm para baixo.	Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada par no lado a favor do deslocamento, 20 cm para cima.	Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20 cm para baixo.
05	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10 cm no sentido do novo encontro.
06	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10 cm no sentido contrário ao novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10 cm no sentido contrário ao novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10 cm no sentido contrário ao novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10 cm no sentido contrário ao novo encontro.
07	Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20 cm para cima.	Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20 cm para cima.	Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20 cm para baixo.	Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20 cm para baixo.
08	Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.	Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.	Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.	Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 33 - T1Ce.1.2.



Fonte: Elaborada pelo autor.

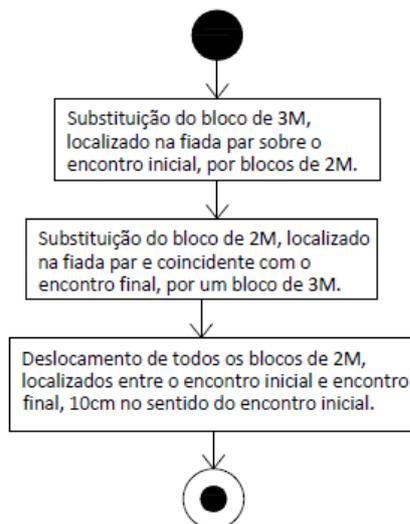
Durante o desenvolvimento do diagrama T1Ce2 percebeu-se um fenômeno curioso, onde quatro padrões distintos: R1T1Ce2R1, R1T1Ce2R2, R2T1Ce2R1 e R2T1Ce2R2 possuem ações completamente iguais, o que em termos de diagramas corresponde a um único fluxo de ação (QUADRO 8 e FIGURA 34) .

Quadro 8 - Conjunto de padrões T1Ce2.

	R1T1Ce2R1	R1T1Ce2R2	R2T1Ce2R1	R2T1Ce2R2
01	Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.	Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.	Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.	Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.
02	Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.	Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.	Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.	Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.
03	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e encontro final, 10 cm no sentido do encontro inicial.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e encontro final, 10 cm no sentido do encontro inicial.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e encontro final, 10 cm no sentido do encontro inicial.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e encontro final, 10 cm no sentido do encontro inicial.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 34 - T1Ce2.



Fonte: Elaborada pelo autor.

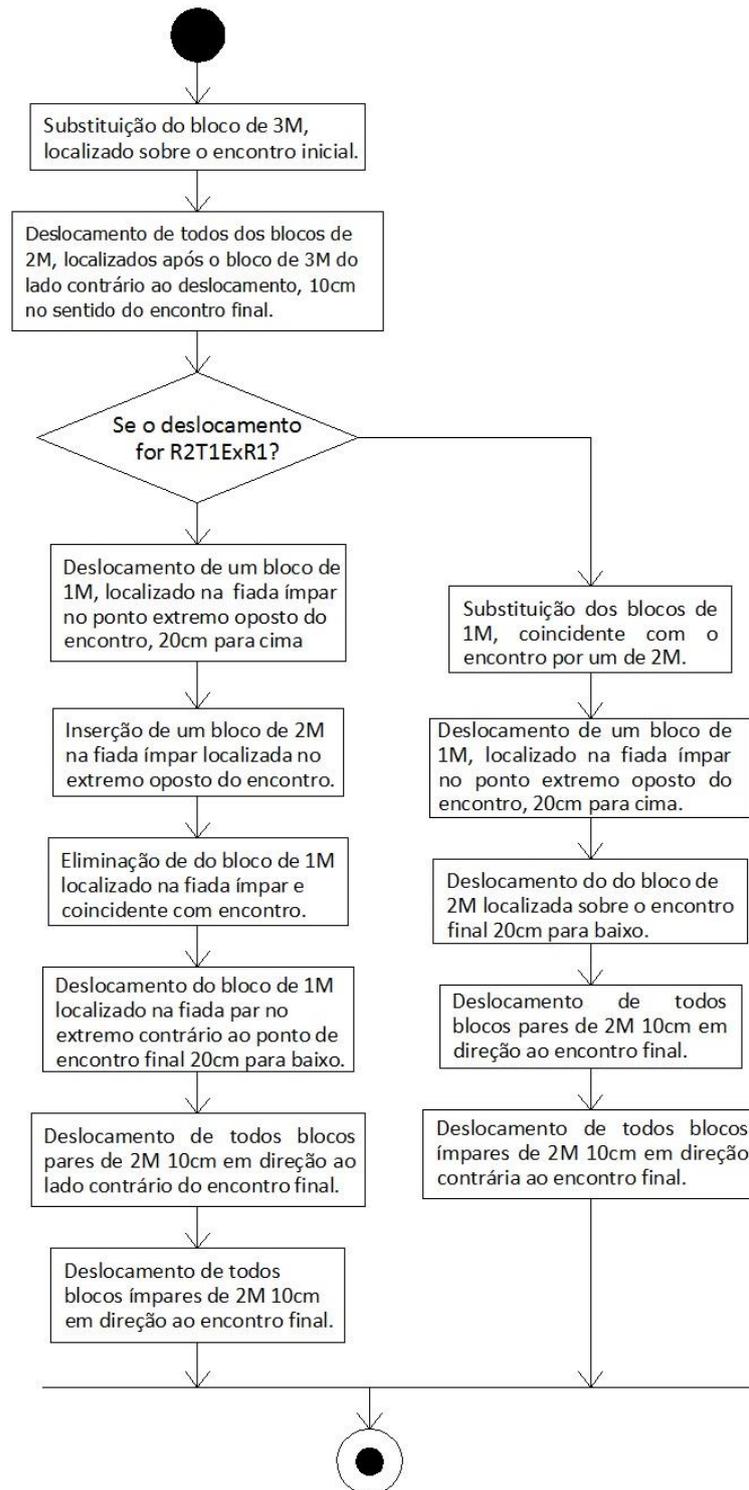
Os conjuntos de padrões do R1T1EX e R2T1Ex seguem um desenho similar dos diagramas anteriores, onde há momentos de convergências e outros de divergências de ações como se pode observar (QUADROS 09 e 10; FIGURAS 35 e 36).

Quadro 8 – Conjunto de padrões R1T1Ex.

R1T01ExR1	R1T01ExR2
Deslocamento da parede Lc sobre X1.	Deslocamento da parede Lc sobre X1.
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.	Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.
Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado contrário ao deslocamento, 10 cm no sentido do encontro final.	Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado a favor do deslocamento, 10 cm no sentido do encontro inicial.
Deslocamento de um bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no ponto extremo oposto do encontro, 20 cm para cima.	Substituição dos blocos de 1M, coincidente com o encontro por um de 2M.
Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar localizada no extremo oposto do encontro.	Deslocamento de um bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no ponto extremo oposto do encontro, 20 cm para cima.
Eliminação de do bloco de 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com encontro.	Deslocamento do bloco de 2M localizada sobre o encontro final 20 cm para baixo.
Deslocamento do bloco de 1M localizado na fiada par no extremo contrário ao ponto de encontro final 20 cm para baixo.	Deslocamento de todos os blocos pares de 2M 10 cm em direção ao encontro final.
Deslocamento de todos os blocos pares de 2M 10cm em direção ao lado contrário do encontro final.	Deslocamento de todos os blocos ímpares de 2M 10 cm em direção contrária ao encontro final.
Deslocamento de todos os blocos ímpares de 2M 10 cm em direção ao encontro final.	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 35 - Diagrama R1T1Ex.



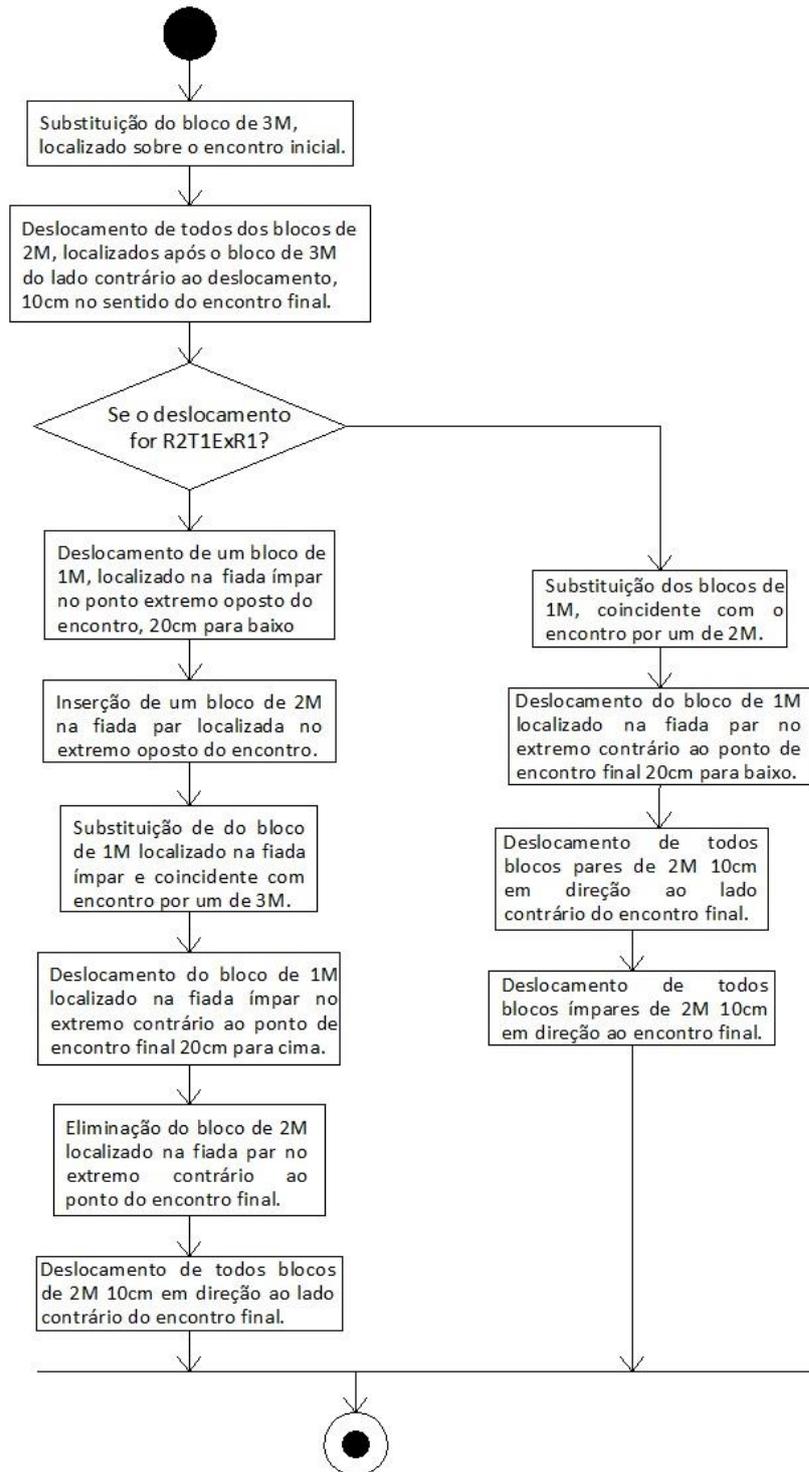
Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 9 - Conjunto de ações do padrão R2T1Ex.

R2T1ExR1	R2T1Ex2R2
Deslocamento da parede Lc sobre X1.	Deslocamento da parede Lc sobre X1.
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.	Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.
Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado contrário ao deslocamento, 10 cm no sentido do encontro final.	Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado a favor do deslocamento, 10 cm no sentido do encontro inicial.
Deslocamento de um bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no ponto extremo oposto do encontro, 20cm para baixo.	Substituição dos blocos de 1M, coincidente com o encontro por um de 2M.
Inserção de um bloco de 2M na fiada par localizada no extremo oposto do encontro.	Deslocamento do bloco de 1M localizado na fiada par no extremo contrário ao ponto de encontro final 20 cm para baixo.
Substituição de do bloco de 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com encontro por um de 3M.	Deslocamento de todos os blocos pares de 2M 10 cm em direção ao lado contrário do encontro final.
Deslocamento do bloco de 1M localizado na fiada ímpar no extremo contrário ao ponto de encontro final 20 cm para cima.	Deslocamento de todos os blocos ímpares de 2M 10 cm em direção ao encontro final.
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par no extremo contrário ao ponto do encontro final.	
Deslocamento de todos os blocos de 2M 10 cm em direção ao lado contrário do encontro final.	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 36 - Diagrama R2T1Ex.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao analisarmos os dados dos conjuntos de padrões X1 percebemos de uma forma geral, que os mesmos seguem os comportamentos similares aos padrões T1. Em termo sequencial de ações similares para cada tipo de padrão, o que gerou diagramas de desenhos muito parecidos. O fenômeno pode ser explicado pelo fato de

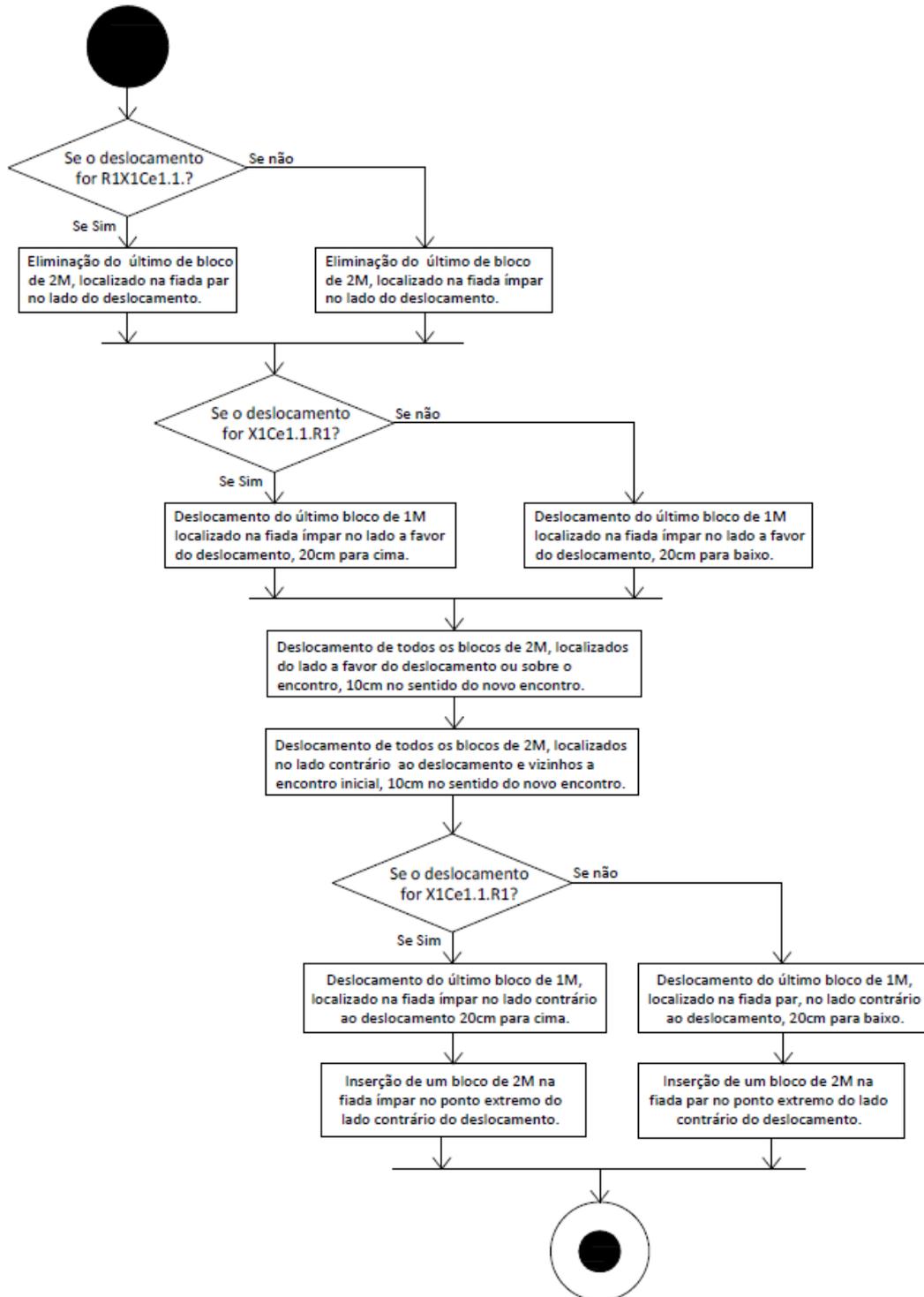
serem padrões com combinações semelhantes e termos posições de blocos, assim como ocorreu quando comparamos os padrões Li com Lc. O comportamento descrito pode ser observado nos quadros e figuras a seguir (QUADROS 11, 12, 13 e 14; e FIGURAS 37, 38, 39 e 40).

Quadro 11 - Conjunto de padrões X1Ce.1.1.

	R1X1Ce1.1.R1	R1X1Ce1.1.R2	R2X1Ce1.1.R1	R2X1Ce1.1.R2
01	Eliminação do último de bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.	Eliminação do último de bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.	Eliminação do último de bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.	Eliminação do último de bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.
02	Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20 cm para cima.	Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20 cm para baixo.	Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20 cm para cima.	Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada par no lado a favor do deslocamento, 20 cm para baixo.
03	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado a favor do deslocamento ou sobre o encontro, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado a favor do deslocamento ou sobre o encontro, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado a favor do deslocamento ou sobre o encontro, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado a favor do deslocamento ou sobre o encontro, 10 cm no sentido do novo encontro.
04	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado contrário ao deslocamento e vizinhos a encontro inicial, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado contrário ao deslocamento e vizinhos a encontro inicial, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado contrário ao deslocamento e vizinhos a encontro inicial, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado contrário ao deslocamento e vizinhos a encontro inicial, 10 cm no sentido do novo encontro.
05	Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20 cm para cima.	Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20 cm para cima.	Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par, no lado contrário ao deslocamento, 20 cm para baixo.	Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par, no lado contrário ao deslocamento, 20 cm para baixo.
06	Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.	Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.	Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.	Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 37 - Diagrama X1Ce.1.1.



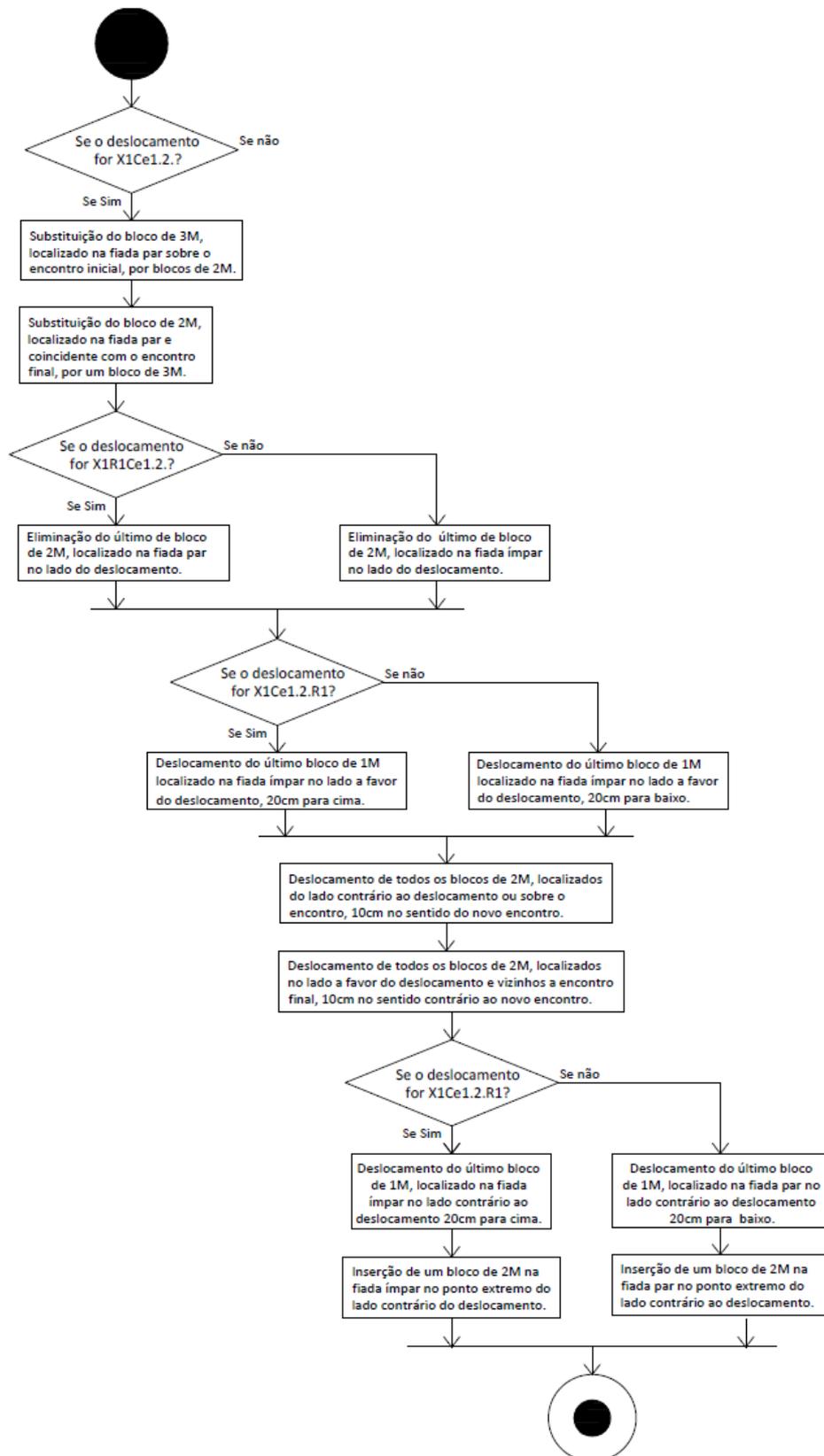
Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 12 - Conjunto de padrões X1Ce1.2.

	R1X1Ce1.2.R1	R1X1Ce1.2.R2	R2X1Ce1.2.R1	R2X1Ce1.2.R2
01	Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.	Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.	Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.	Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.
01	Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.	Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.	Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.	Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.
02	Eliminação do último de bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.	Eliminação do último de bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.	Eliminação do último de bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.	Eliminação do último de bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.
03	Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20 cm para cima.	Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20 cm para baixo.	Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada par no lado a favor do deslocamento, 20 cm para cima.	Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20 cm para baixo.
04	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10 cm no sentido do novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10 cm no sentido do novo encontro.
05	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10 cm no sentido contrário ao novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10 cm no sentido contrário ao novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10 cm no sentido contrário ao novo encontro.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10 cm no sentido contrário ao novo encontro.
06	Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20 cm para cima.	Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20 cm para cima.	Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20 cm para baixo.	Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20 cm para baixo.
07	Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.	Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.	Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.	Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 38 - Diagrama X1Ce.1.2.

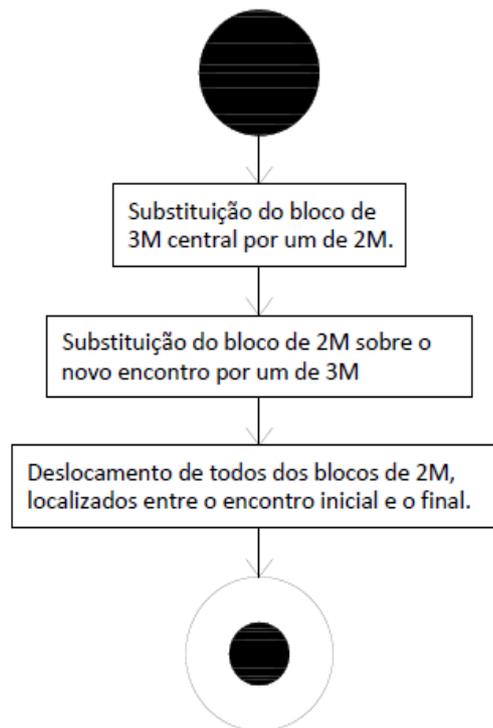


Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 13 – Conjunto de padrões X1Ce.

R1X1Ce2R1	R1X1Ce2R2	R2X1Ce2R1	R2X1Ce2R2
Substituição do bloco de 3M central por um de 2M.	Substituição do bloco de 3M central por um de 2M.	Substituição do bloco de 3M central por um de 2M.	Substituição do bloco de 3M central por um de 2M.
Substituição do bloco de 2M sobre o novo encontro por um de 3M	Substituição do bloco de 2M sobre o novo encontro por um de 3M	Substituição do bloco de 2M sobre o novo encontro por um de 3M	Substituição do bloco de 2M sobre o novo encontro por um de 3M
Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e o final.	Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e o final.	Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e o final.	Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e o final.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 39 - Conjunto de padrões X1Ce.

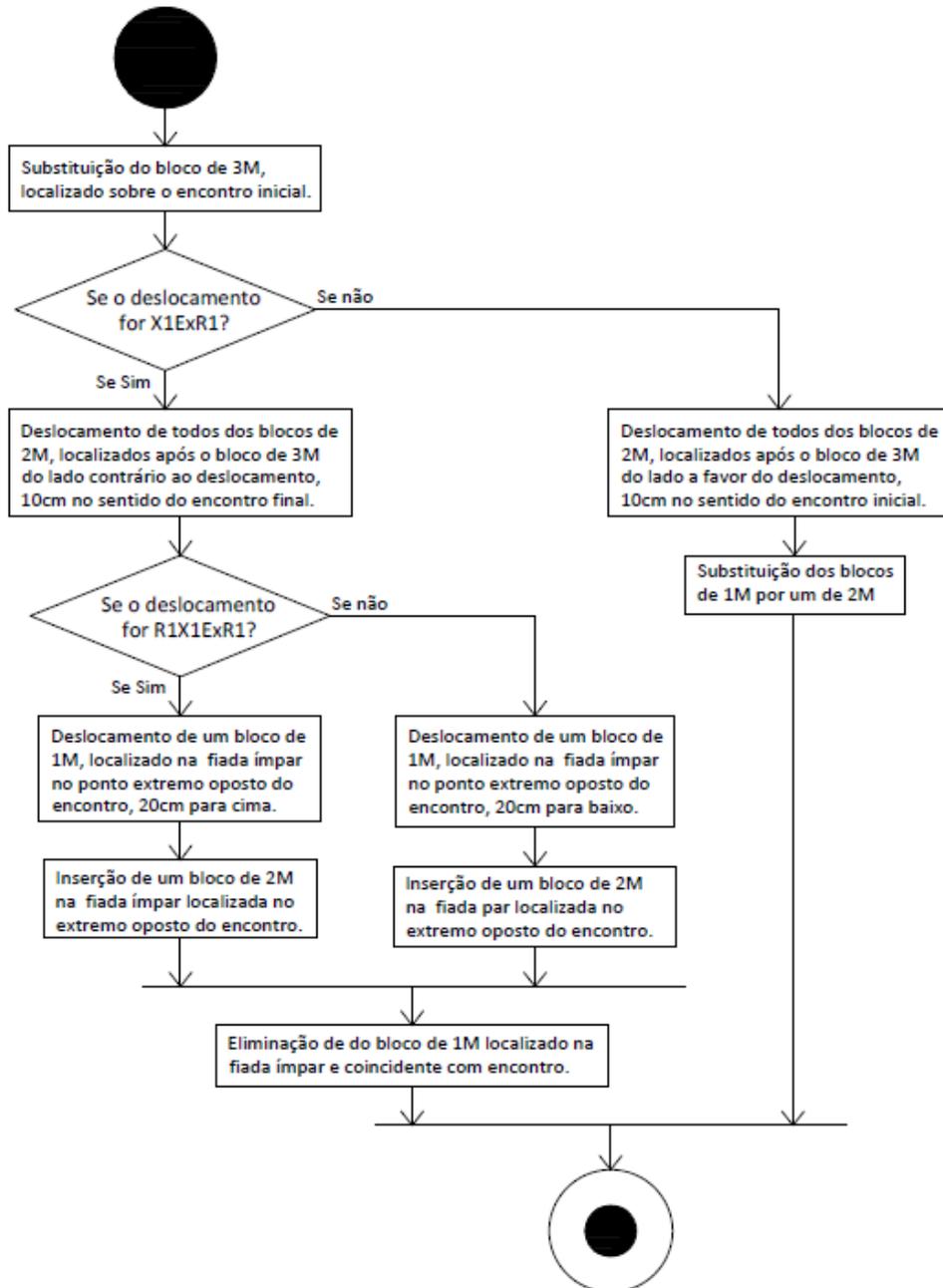
Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 10 - Conjunto de padrões X1Ex.

R1X1ExR1	R1X1ExR2	R2X1ExR1	R2X1ExR2
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.	Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.	Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.	Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado contrário ao deslocamento, 10 cm no sentido do encontro final.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado a favor do deslocamento, 10 cm no sentido do encontro inicial.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado contrário ao deslocamento, 10 cm no sentido do encontro final.	Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado a favor do deslocamento, 10 cm no sentido do encontro inicial.
Deslocamento de um bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no ponto extremo oposto do encontro, 20 cm para cima.	Substituição dos blocos de 1M por um de 2M	Deslocamento de um bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no ponto extremo oposto do encontro, 20 cm para baixo.	Substituição dos blocos de 1M por um de 2M.
Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar localizada no extremo oposto do encontro.		Inserção de um bloco de 2M na fiada par localizada no extremo oposto do encontro.	
Eliminação de do bloco de 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com encontro.		Eliminação de do bloco de 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com encontro.	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 40 - Diagrama X1Ex.



Fonte: Elaborada pelo autor.

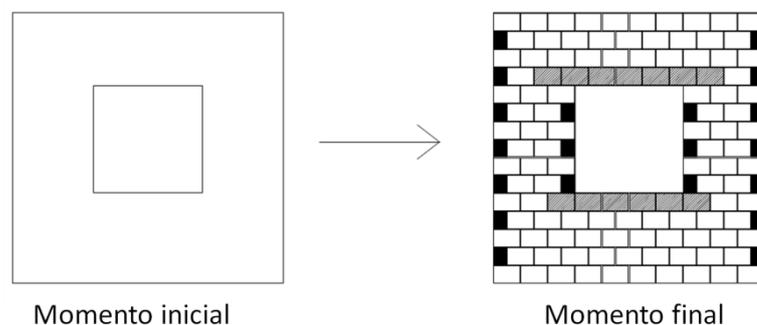
Ao fim do desenvolvimento dos diagramas, que visava averiguar o comportamento das paredes deslocadas percebeu-se o que os padrões Li e Lc geram diagramas com desenhos similares tanto nos padrões Ce, quanto Ex. O mesmo ocorreu T1 e X1. Outro fato curioso foi o surgimento de formas de diagramas inesperadas como foi caso dos padrões T1Ce e X1Ce, em ambos os casos todos os seus conjuntos de ações foram iguais que geraram um diagrama com um fluxo contínuo, isto é sem bifurcações ou barras de união.

4.2 Experimento II

4.2.1 Fase de elucidação

A segunda função escolhida foi à reordenação da paginação de uma alvenaria isolada, após a inserção de vãos. Neste contexto utilizaremos além dos tijolos cerâmicos componentes complementares, como blocos canaletas em “U” que servem como vergas e contravergas, componentes estruturais dos vãos (FIGURA 41).

Figura 41 – Comportamento do objeto paramétrico.



Fonte: Elaborada pelo autor.

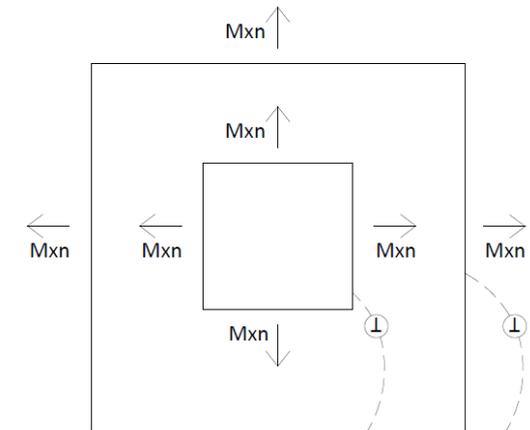
4.2.2 Fase de design

Durante esta fase foram analisadas as restrições, parâmetros e identificados os padrões de comportamento dos vãos, vergas e contravergas sobre o uma parede já paginada.

4.2.2.1 Restrições e parâmetros

O parâmetro comum a todos os componentes do sistema é o fato de que todos devem ser múltiplos do módulo M , que terá o valor de 15cm, comum ao conjunto de componentes comerciais cerâmicos ou de concreto. Além dessa convergência de parâmetros há algumas particularidades, no caso, os vãos só podem estar inseridos dentro das paredes e ambos os objetos só podem sofrer qualquer remodelação dimensional em relação à altura e comprimento, pois a espessura é fixa (FIGURA 42).

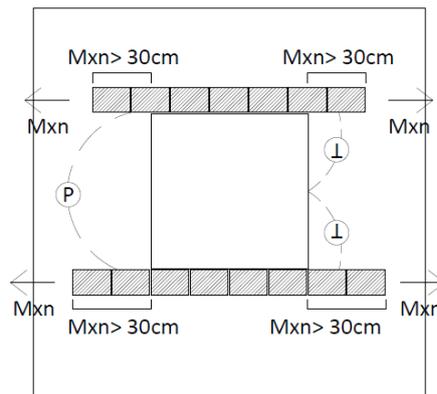
Figura 42 - Vãos: parâmetros e restrições.



Fonte: Elaborada pelo autor.

As vergas e contravergas, que funcionam como componentes estruturais dos vãos de esquadrias devem se localizar sobre e abaixo dos mesmos, respectivamente. Em termos, os componentes estruturais possuem espessura e altura fixa e termos de comprimento deve sobrar no mínimo 30 cm a mais do que o vão para cada lado. Um ponto que deve ser observado são tipos de vãos existentes como a porta que só possuem vergas e as janelas e possuem os dois componentes estruturais (FIGURA 43).

Figura 43 – Vergas e contravergas: parâmetros e restrições.

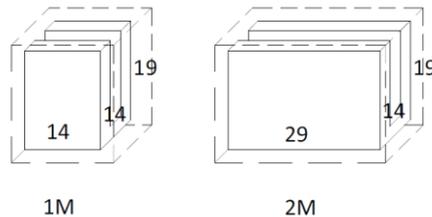


Fonte: Elaborada pelo autor.

Os blocos canaletas que compõem as alvenarias possuem dimensões fixas, múltiplas do módulo M e módulo G, sendo suas espessuras e alturas fixas, mas os comprimentos variáveis. Logo, temos dois tipos de bloco: blocos de 2M e um 1M, que possuem as seguintes dimensões modulares em termos de comprimento,

espessura, altura: 15x15x20 cm e 30 x15x20 cm. Já os tamanhos reais, devido à presença de juntas horizontais e verticais são 14x14x19 cm e 29x14x19 cm (FIGURA 44).

Figura 44 – Blocos canaletas: Parâmetros e restrições.



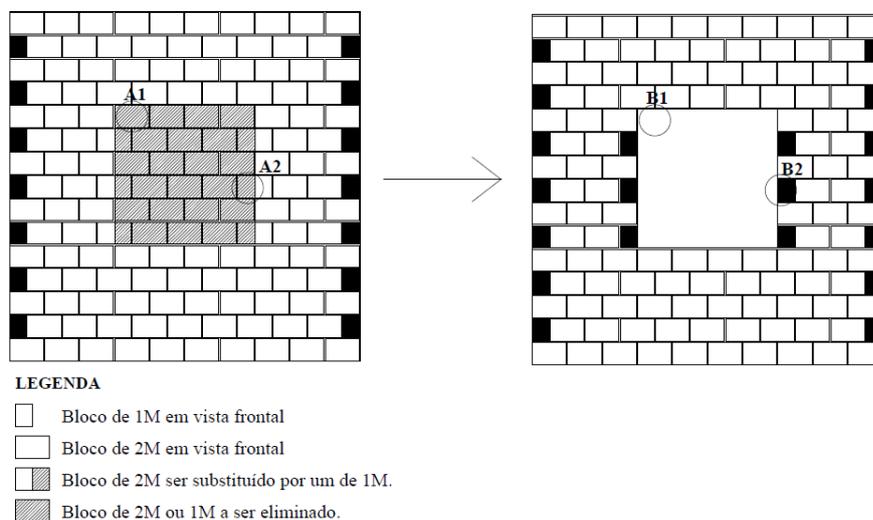
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2.2.2 Identificação de padrões mínimos

Ao observarmos as possibilidades de encontro entre os vãos e as alvenarias descobrimos duas possibilidades de comportamento eliminação e substituição de componentes que foram traduzidos em dois padrões (FIGURA 45):

- Padrão AB1: se existirem, blocos inteiramente dentro do vão, todos serão eliminados;
- Padrão AB2: se existirem blocos de 2M parcialmente dentro do vão, todos serão substituídos por blocos de 1M;

Figura 45 – Experimento II.

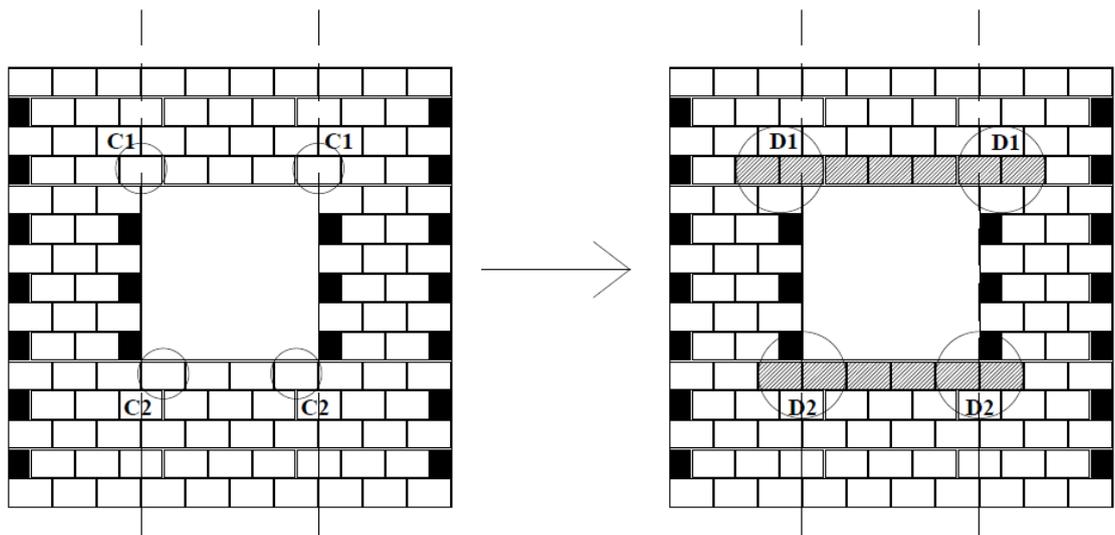


Fonte: Elaborada pelo autor.

Sobre e sob cada vão inserido observou-se também dois padrões de comportamento destinados para as vergas e contravergas. Estas peças estruturais devem se localizar acima e abaixo de vão, respectivamente e de acordo com as possibilidades de paginação podem assumir dois tamanhos distintos no caso o padrões CD1, para vergas e CD2, para contravergas (FIGURA 46):

- No padrão CD1, a dimensão modular da verga ou contraverga obedecerá a seguinte fórmula: $\text{vão} + 30 \text{ cm}$, caso o bloco localizado no final do vão estiver inteiramente a acima do mesmo.
- No padrão CD2, a dimensão modular da verga ou contraverga obedecerá a seguinte fórmula: $\text{vão} + 45 \text{ cm}$, caso o bloco localizado no final do vão estiver parcialmente a acima do mesmo.

Figura 46 – Vergas e contravergas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

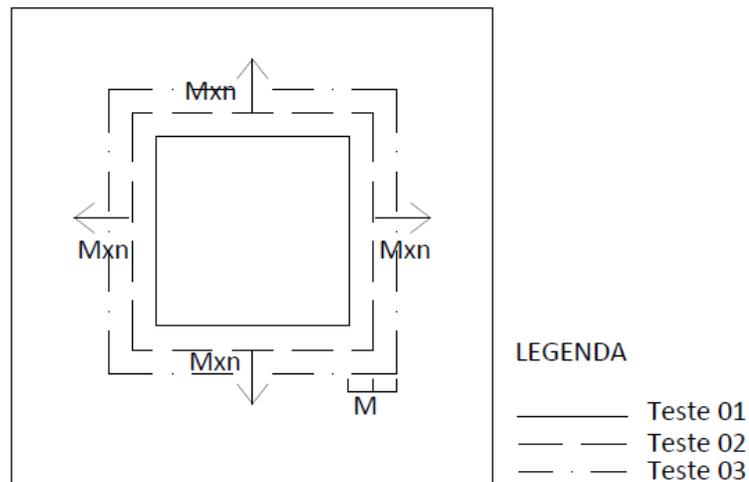
4.2.3 Fase de validação

Durante esta etapa, assim como no experimento anterior, os padrões foram modelados e submetidos a testes dentro do *software Archicad 18* a nível de *script*, onde foram simuladas diversas situações. Os modelos desenvolvidos possuem representações tridimensionais e bidimensionais, no caso, optamos somente pelas bidimensionais, pois permitem uma visualização mais objetiva e clara do comportamento dos padrões. Sobre cada padrão apresentado foi realizado dois ou

mais testes. O primeiro foi o de reconhecimento do comportamento, os restantes são de validação, aqui iremos considerar que quando o comportamento se repete no segundo teste, o mesmo já é válido, pois a tendência é que o mesmo se repita ao longo dos outros testes.

O primeiro teste consistiu a inserção de um vão de esquadria de 1,05x1,20m sobre uma parede isolada já paginada com dimensões 3mx3m localizado de uma forma centralizada sobre a mesma. O segundo utilizou-se da mesma parede, porém, aumentaremos o valor de um módulo (M), isto é, 15cm, para cada lado da janela, e 20cm para cima, ficando a mesma com 1,35x1,40. O aumento de um módulo corresponde à variação mínima que pode surgir. Caso surja novos padrões não previstos serão feitos novos testes ampliando mais 15cm para as laterais e 20cm para cima ou para baixo (FIGURA 47).

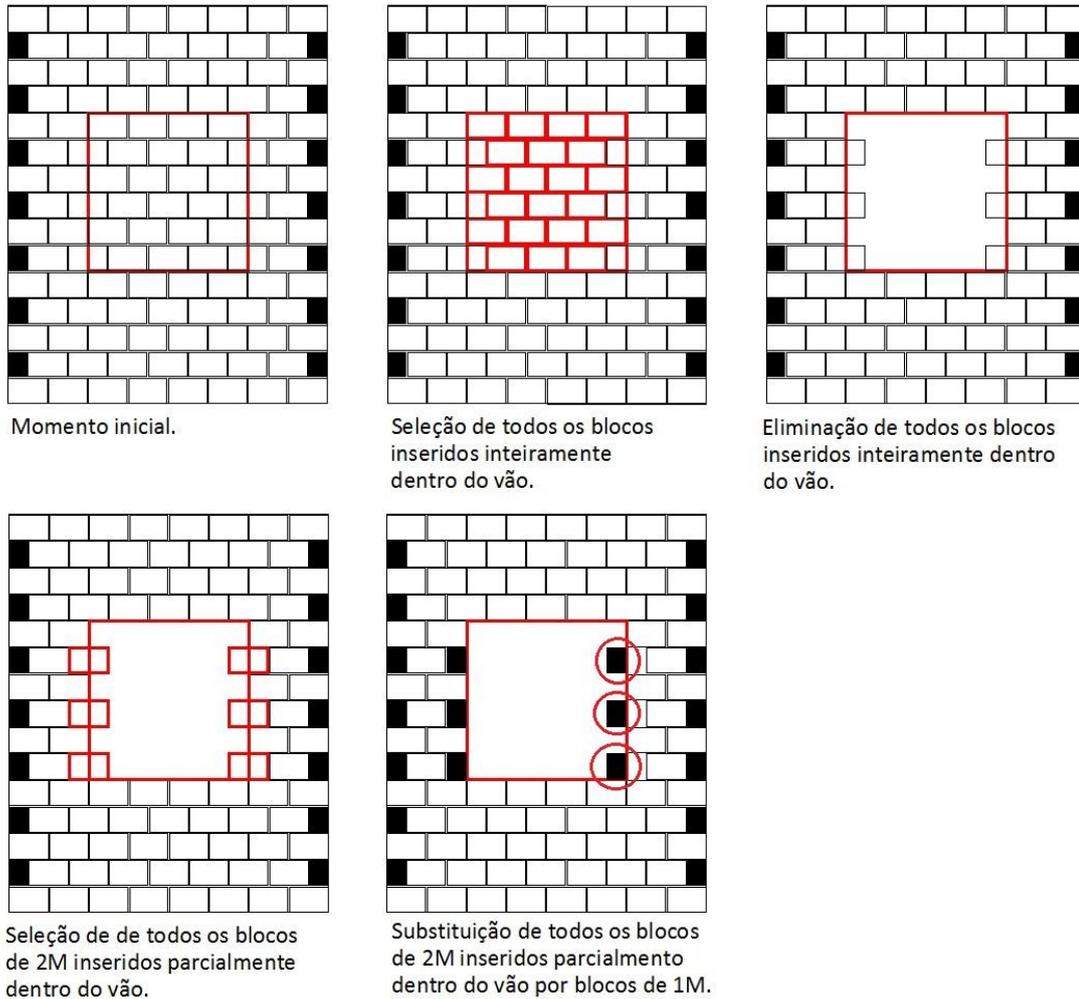
Figura 47 – Testes 01, 02 e 03.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Após os testes realizados, percebeu-se que os padrões pré-estabelecidos atenderam parcialmente as expectativas, pois ao aplicarmos a regra de substituição de blocos A2 por B2, isto é, a substituição do bloco de 2M por um de 1M, os localizados a direita do vão foram relocados em posições erradas (FIGURA 48).

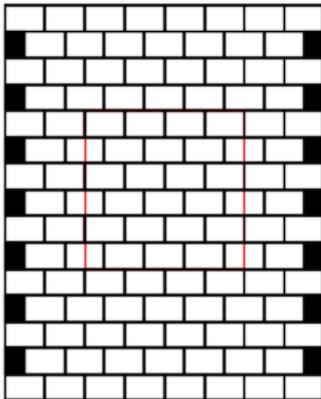
Figura 48 – Teste 01 - padrão de comportamento vão.



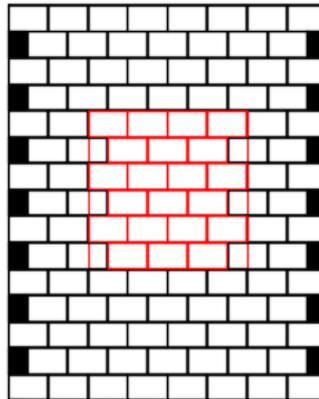
Fonte: Elaborada pelo autor.

Isto ocorreu pelo fato de que todo objeto paramétrico na plataforma *Archicad*, possui um ponto de referência para ser substituído ou inserido. Com o intuito de resolver o problema, teríamos que criar dois blocos de 1M com pontos de referências distintos ou movê-los depois de inseridos. A primeira opção foi descartada, pois não foi possível realizá-la no *software Archicad 18*. Logo, optou-se pelo algoritmo que gere o deslocamento do mesmo após inserido. Assim, se sugeriu a subdivisão dos padrões em A2.1, A2.2. e realizaram novos testes que comprovaram os mesmos (FIGURAS 49 e 50).

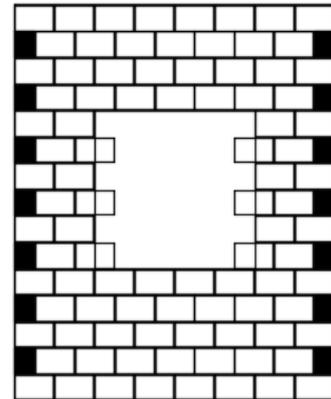
Figura 49 – Revisão teste 01 - padrão de comportamento vão.



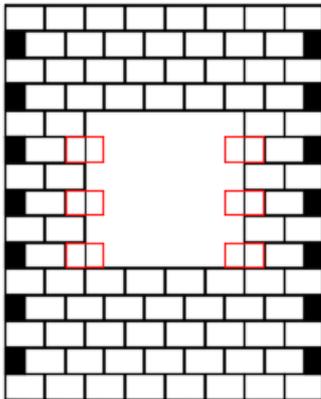
Momento inicial.



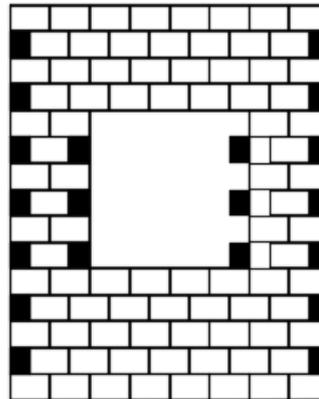
Seleção de todos os blocos inseridos inteiramente dentro do vão.



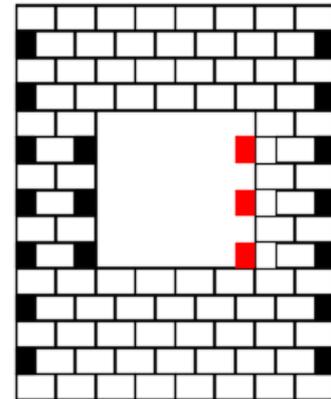
Eliminação de todos os blocos inseridos inteiramente dentro do vão.



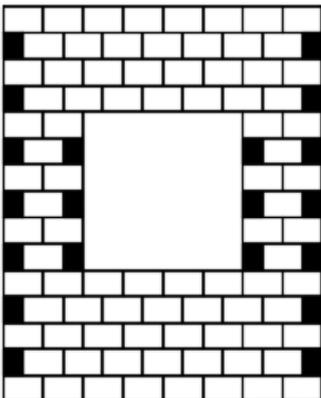
Seleção de de todos os blocos de 2M inseridos parcialmente dentro do vão.



Substituição de todos os blocos de 2M inseridos parcialmente dentro do vão por blocos de 1M.



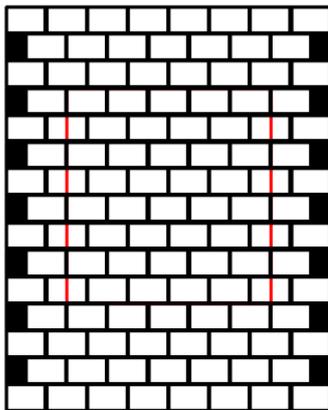
Seleção de de todos os blocos de 1M inseridos dentro do vão.



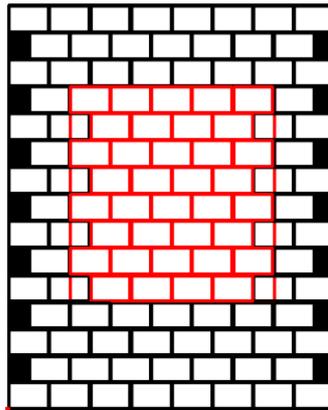
Movimentação dos blocos de 1M inseridos dentro do vão 20cm para esquerda.

Fonte: Elaborada pelo autor.

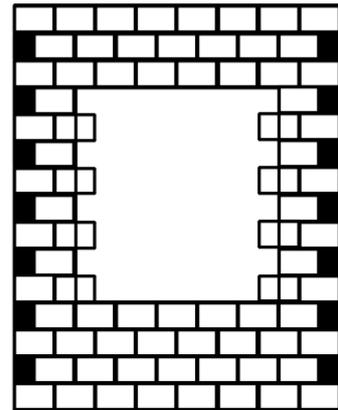
Figura 50 – Teste 02 - padrão de comportamento vão.



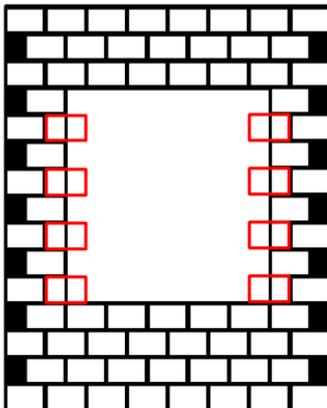
Momento inicial



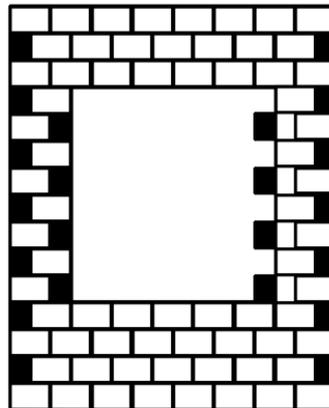
Seleção de todos os blocos inseridos inteiramente dentro do vão.



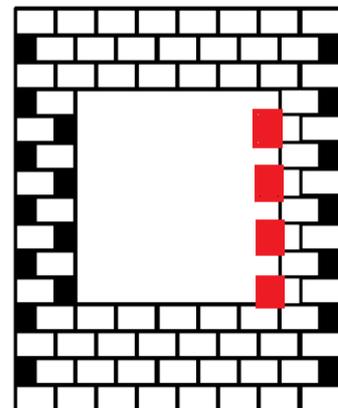
Eliminação de todos os blocos inseridos inteiramente dentro do vão.



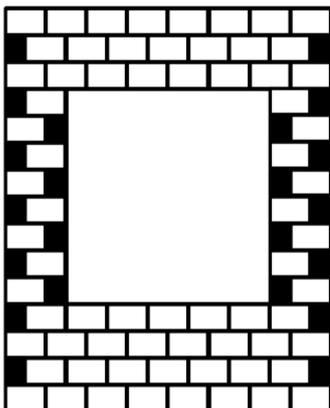
Seleção de de todos os blocos de 2M inseridos parcialmente dentro do vão.



Substituição de todos os blocos de 2M inseridos parcialmente dentro do vão por blocos de 1M.



Seleção de de todos os blocos de 1M inseridos dentro do vão.

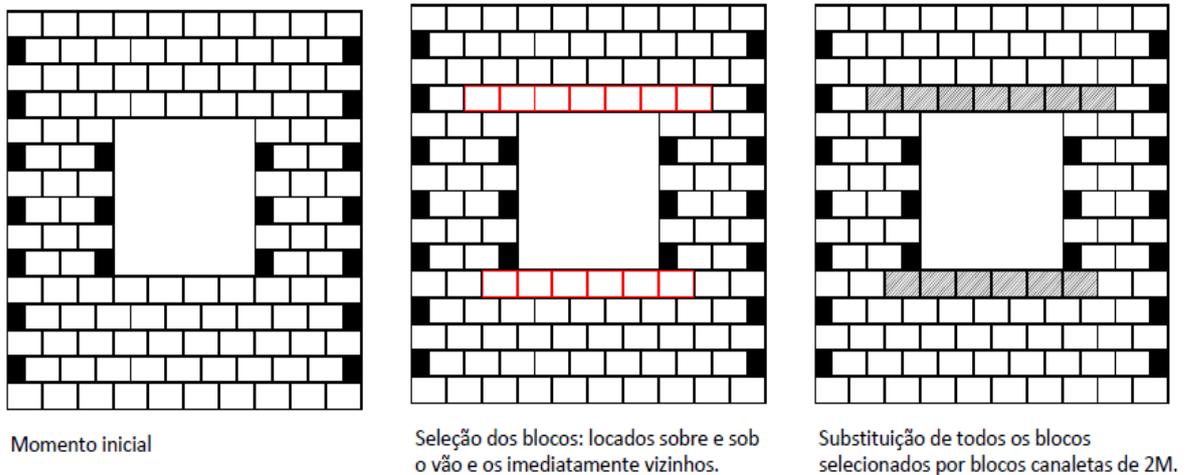


Movimentação dos blocos de 1M inseridos dentro do vão 20cm para esquerda.

Fonte: Elaborada pelo autor.

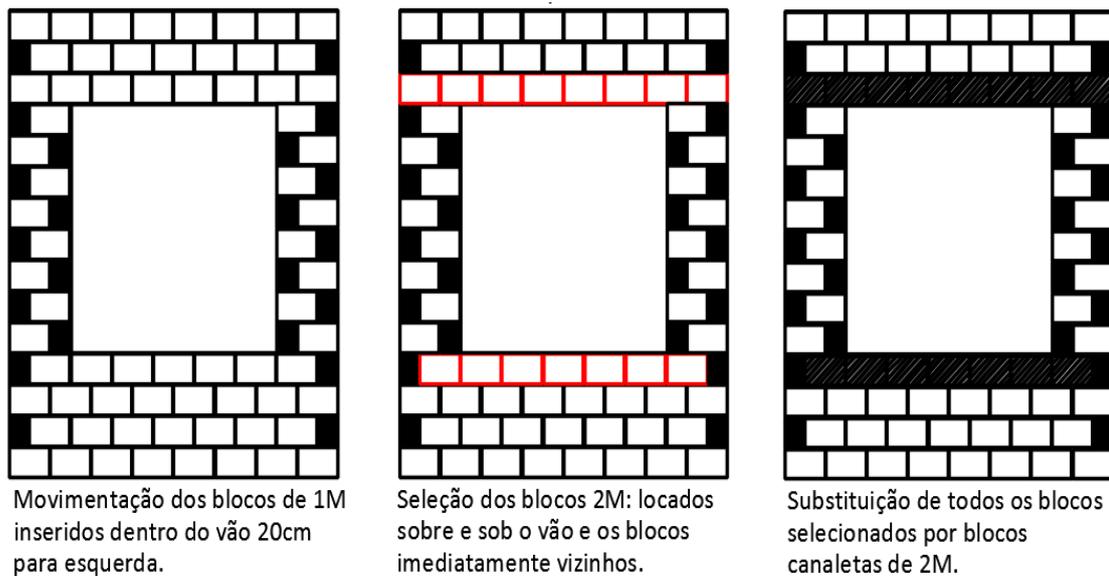
Quanto ao algoritmo correspondente às vergas e contravergas, apresentou um comportamento inesperado, onde dois padrões (CD1 e CD2) apresentarem conjuntos de ações iguais (FIGURAS 51 e 52).

Figura 51 – Teste 01 - vergas e contravergas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 52 – Teste 02 - vergas e contravergas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Assim, ao fim da validação dos padrões, verificou-se a necessidade de criar novos padrões para a inserção dos vãos, desmembrando o padrão AB2 em dois subpadrões AB2.1. e AB2.2. e mantivemos o padrão AB1. No caso das vergas e contravergas tivemos uma redução dos números de padrões, onde gerou um único padrão: antes denominados de CD1 e CD2. Agora, no final do experimento, temos apenas CD.

4.2.4 Fase de implantação

Os diagramas de atividades foram desenvolvidos em três etapas. Primeiro extraiu-se as ações presentes em seus respectivos testes. Depois se comparou as ações existentes em cada teste. Por fim, desenvolveu-se o diagrama propriamente dito. Ao compararmos as ações descobrimos que as mesmas são praticamente iguais. Logo, para ajudar no desenvolvimento do diagrama agrupamos por tipos de padrões comportamento dos vãos, AB1, AB2, AB2.1. (QUADRO 15) e os padrões de comportamento as vergas e contravergas CD1 e CD2 (QUADRO 16).

Quadro 15 – Padrões de comportamento dos vãos.

	Padrão AB1	Padrão AB2.1.	Padrão AB21.
01	Inserção do vão sobre a parede.	Inserção do vão sobre a parede.	Inserção do vão sobre a parede.
02	Seleção de todos os blocos inseridos inteiramente dentro do vão.	Seleção de todos os blocos de 2M inseridos parcialmente dentro do vão	Seleção de todos os blocos de 2M inseridos parcialmente dentro do vão
03	Eliminação de todos os blocos inseridos inteiramente dentro do vão.	Substituição de todos os blocos de 2M inseridos parcialmente dentro do vão por blocos de 1M.	Substituição de todos os blocos de 2M inseridos parcialmente dentro do vão por blocos de 1M.
04		Movimentação dos blocos de 1M inseridos dentro do vão 20cm para esquerda.	

Fonte: Elaborada pelo autor.

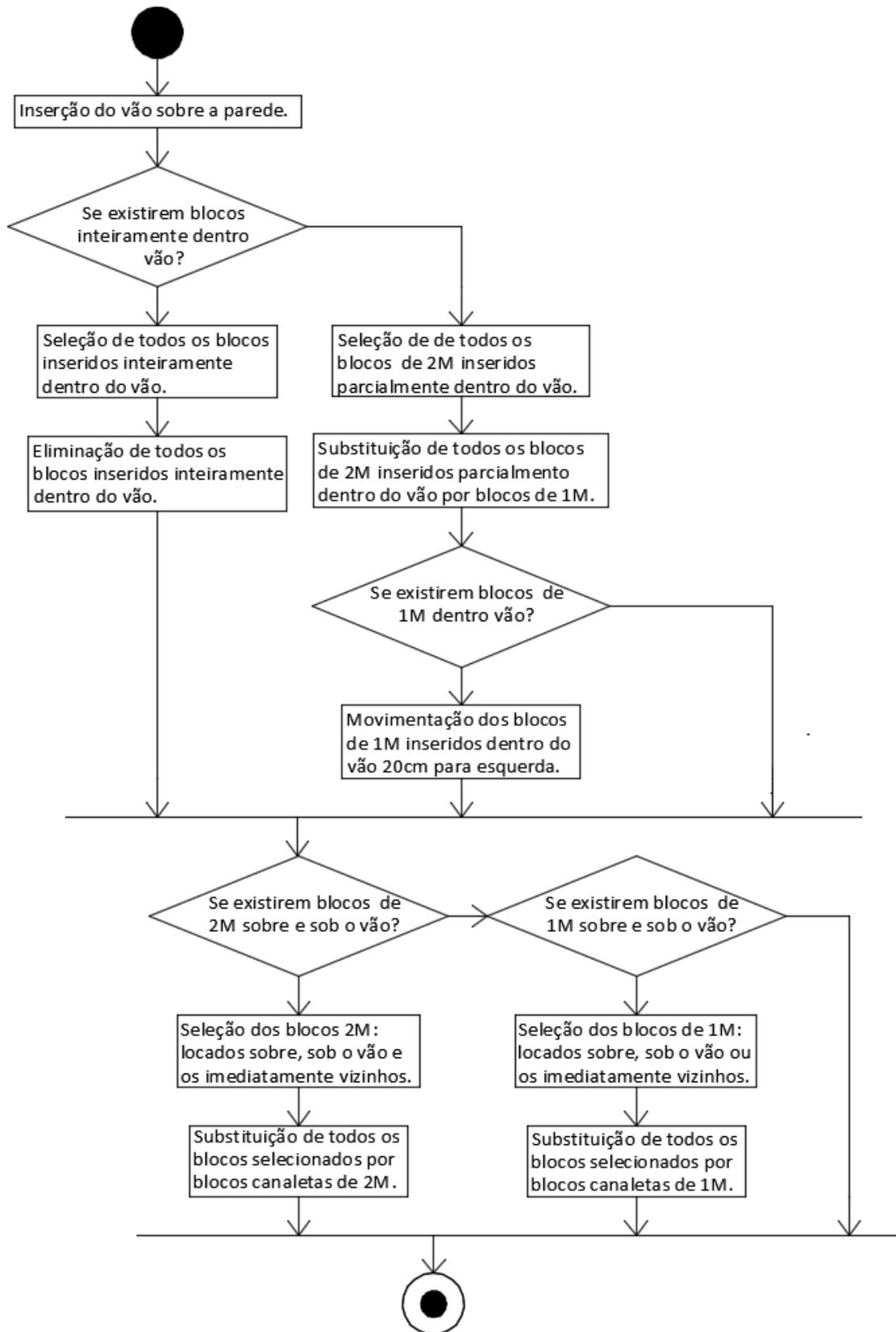
Quadro 16 – Padrões comportamento das vergas e contravergas.

	Padrão CD1	Padrão CD2
01	Seleção dos blocos 2M: locados sobre, sob o vão e os imediatamente vizinhos.	Seleção dos blocos 1M: locados sobre, sob o vão e os imediatamente vizinhos.
02	Substituição de todos os blocos selecionados por blocos canaletas de 2M.	Substituição de todos os blocos selecionados por blocos canaletas de 1M.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com o desenvolvimento de quadros gerou-se um único diagrama que traduz todas as possibilidades dos vãos, incluindo vergas e contravergas (FIGURA 53).

Figura 53 – Diagrama de vãos, vergas e contravergas.



Ao fim dos experimentos percebe-se como cada etapa do método é importante para se chegar a uma tradução precisa do comportamento do objeto escolhido. No caso do último experimento percebe-se que os padrões dos vãos seguem caminhos totalmente distintos, mas que se unificam no final para receber os padrões de vergas e contravergas, que são independentes dos padrões dos vãos.

5 CONCLUSÃO

Ao fim da pesquisa nota-se que os objetivos propostos foram atingidos, pois se geraram diagramas UML com o potencial de gerar um *plug in* e verificaram-se as limitações e dificuldades de gerações de automação. Além de comprovar a eficiência do método em relação aos trabalhos desenvolvidos a nível nacional, gerar a revisão de alguns padrões estabelecidos por outros autores e a contribuição do *design science* com estratégia de pesquisa.

As dificuldades e limitações apresentadas na geração dos diagramas já eram prevista por Lee, Sacks e Eastman (2006), quando os mesmos afirmam que a modelagem paramétrica é ambígua e complexa, pois há vários caminhos para se chegar a um mesmo comportamento. O melhor caminho depende da intenção do projeto e do menor processamento de dados. Logo, durante o desenvolvimento dos diagramas, notamos detalhes curiosos sobre os padrões analisados. Como por exemplo, na fase de validação (item 4.1.3.) percebemos que alguns padrões com estímulo e reações iguais podem gerar fluxo de ações diferentes. Na fase de tradução (item 4.1.4.), nota-se a existência de padrões com estímulos e reações diferentes que podem gerar fluxo de ações iguais. Por outro lado, a maioria dos padrões seguiu os mais esperados padrões distintos gerando ações distintas.

O método BOB de automação do *design*, quando comparado a outros métodos desenvolvidos por pesquisadores brasileiros como Monteiro (2011) e Romcy (2012), que no caso se basearam, em parte, na gramática da forma e na modelagem paramétrica apresenta uma maior eficiência no sentido da clareza e objetividade durante todas as etapas de desenvolvimento e validação do artefato, permitindo a revisão de padrões estabelecidos por esses autores.

Ao investigarmos os padrões de comportamento da alvenaria a outro nível de automação ainda não testado desenvolvemos novas percepções sobre o mesmo. No caso da automação desenvolvida por Romcy (2012) percebemos a necessidade de rever os conceitos dos tipos encontros Lc, Li, T, X e denominamos de pontos de encontros, sendo os mesmos renomeados de Lc, Li, T1 e X1 (item 4.1.2.) e mantendo a nomenclatura original tipos encontros L,T e X de Vilató e Franco (2000).

A teoria do *design science* nos ajudou a sanar dúvidas a respeito do método BOB no âmbito científico, por exemplo, como validar os experimentos sem a construção de um *plug in*? Qual artefato pode ser gerado e quais as contribuições científicas que podemos deixar? O *design science* apresenta um dos meios de validação à submissão do artefato, em todos os contextos possíveis. Por isso fizemos experimentos a partir de variações de distâncias e dimensões modulares.

Como forma de adequar à pesquisa a impossibilidade de gerar um *plug in* (devido à ausência de um programador), foi realizado experimentos por meio de simulações em *script*, descrevendo passo a passo ações a serem desenvolvidas dentro de um *plug in*. O incremento da simulação de *script* ao método BOB ajudou bastante para o desenvolvimento de diagramas mais precisos. Além de que, em termos de variedades de tipos de artefato, verificou-se, dentro do *design science* que o mesmo pode ser apresentado somente como um diagrama.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Ao fim desta pesquisa percebe-se que os trabalhos nacionais não citaram o método BOB nem exploraram o mesmo. Assim, com a finalização da pesquisa espera-se que a mesma sirva como instrumento de difusão deste método, seja a partir da própria dissertação desenvolvida ou artigos que vem sendo submetidos às revistas e congressos.

Logo, sugere-se que todas as funcionalidades para o projeto de alvenaria racionalizada, desenvolvidas para plataformas BIM, sejam submetidas ao método BOB com o intuito de gerar uma revisão mais precisa da mesma e desenvolver uma unidade em termos de produto e processo de desenvolvimento de produto, além de aplicar o método em outros tipos de alvenaria racionalizada, como é o caso da alvenaria racionalizada de vedação que utiliza pilares e vigas ao invés da amarração entre blocos.

No mais, sugere-se que os diagramas desenvolvidos nesta pesquisa sejam aplicados em uma plataforma BIM como *Archicad* ou *Revit* para verificar suas falhas e suas contribuições para usuário. Por fim, se recomenda avaliar as possibilidades de aplicação do método BOB em outros nichos de projeto como o desenho urbano ou paisagismo, como projetos de loteamentos, vagas de estacionamento.

REFERÊNCIAS

ADDOR, Miriam Roux Azevedo; CASTANHO, Miriam Dardes de Almeida; CAMBIAGHI, Henrique; DELATORRE, Joyce Paula Martin; NARDELLI, Eduardo Sampaio; OLIVEIRA, André Lompreta. Colocando o “i” no BIM. **Revista Acadêmica Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, n.4, p.104-115, 2010.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI.

Relatório de avaliação dos esforços para implantação da coordenação modular no Brasil. 2009. Disponível em:

<http://www.abdi.com.br/Estudo/Rel.%20Implant.%20da%20Coord.%20Modular%20no%20Brasi_21.pdf> Acesso em: 02 mar. 2015.

ANDRADE, Max; RUSCHEL, R. Interoperabilidade entre ArchiCAD e Revit por meio do formato IFC. In: IV Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2009.

AYRES FILHO, Cervantes. **Acesso ao modelo integrado do edifício.** 2009. 254f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BERTINI, Alexandre A.; RODRIGUEZ, Fernando S.. TORRES, José Fernando, R.; COELHO, Francisco, C. de Arruda; PINHEIRO, PINHEIRO, Levi T. Manifestaciones Patológicas em viviendas de interes social en Brasil. In: **Congreso Latino Americano REHABEND** Santander, España, 2014.

BETTING, B.; SHAH, J. Derivation of a standard set of geometric constraints for parametric modeling and data exchange. **Computer-Aided Design**, v.33, n.1, p.17-33, jan. 2000.

BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James; JACOBSON, Ivar. **UML—guia do usuário.** Tradução de Fábio Freitas da Silva. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

CAVIERES, Andres; GENTRY, Russell; AL-HADDAD, Tristan. Knowledge-based parametric tools for concrete masonry walls: conceptual design and preliminary structural analysis. **Automation in Construction**, v.20, n.6, p.716–728, out. 2011.

CELANI, Gabriela; CYPRIANO, Débora; GODOI, Giovana; VAZ, Carlos Eduardo V. A gramática da forma como metodologia de análise e síntese em arquitetura. **Conexão: comunicação e cultura**, v.5, n.10, p.181-197, 2006.

CHECCUCCI, E. S.; PEREIRA, A. P. C; AMORIM, A. L. A difusão das tecnologias BIM por pesquisadores do Brasil. In: TIC 2011 - Encontro Nacional de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, 5, 2011, **Anais...** Salvador: LCAD/PPGAU-UFBA, 2011. p. 1-20. 1 CD.

DUEÑAS PEÑA, Monserrat; FRANCO, Luiz Sérgio. Método para elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v.1, n.1, p.126-153, nov. 2006.

EASTMAN, Chuck M.; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2nd, Hoboken: Wiley, 2011.

_____. **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. Hoboken: Wiley, 2008, 490 p.

FERREIRA, Rita Cristina; SANTOS, Eduardo Toledo. Uma proposta de uso do CAD 3D em projetos para produção de vedações verticais em edifícios. São Paulo: EPUSP, 2008. 22p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP).

FERREIRA, Rita Cristina. **Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais**. 2007. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

GREVEN, Hélio Adão; BALDAUF, Alexandra Staudt Follmann. **Introdução à coordenação modular da construção do Brasil: uma abordagem atualizada**. Porto Alegre: ANTAC, 2007. (Coleção Habitare).

GRUPO BRICKA. **Alvenaria estrutural: blocos de concreto**. Disponível em: <<http://www.bricka.com.br/produtos/blocos-de-concreto/alvenaria-estrutural/>> Acesso em: 02 maio 2015.

HEVNER, Alan R.; RAM, Sudha; MARCH, Salvatore T.; PARK, Jinsoo. Design science in information systems research. **MIS Quarterly**, v.28, n.1, p.75-105, mar. 2004.

LEE, Ghang; SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles M. Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system. **Automation in Construction**, v. 15, n. 6, p.758-776, nov. 2006.

LUCINI, Hugo C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias**. São Paulo: Pini, 2001.

LUKKA, Kari. The constructive research approach. In: OJALA, L.; HILMOLA, O-P. (Eds.). **Case study research in logistics**. Turku: Turku School of Economics and Business Administration, 2003. p.83-101.

MICROSOFT COPORATION. **Dicionário prático de informática**. Portugal: McGraw-Hill Ltda. 2000.

MONTEIRO, Ari. **Projeto para produção de vedações verticais em alvenaria em uma ferramenta CAD-BIM**. 2011. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2011.

MÜLLER, Ana Luiza. **Informações para placas cerâmicas de revestimento segundo a abordagem BIM**. 2010. 167f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina, Londrina/PR, 2010.

RAMON, Humberto; PARIZOTTO, Sérgio Filho. **Manual de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos**. Disponível em:
<<http://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/manual-de-alvenaria-estrutural> > Acesso em: 02 maio 2015.

RAMOS, Aline; SILVA, Marcelle; SILVA, Larissa; ARAÚJO JR., Josival. A técnica da coordenação modular como ferramenta diretiva de projeto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 97-109, abr./jun. 2011.

ROMCY, Neliza Maria e Silva. **Proposta de tradução dos princípios da coordenação modular em parâmetros aplicáveis ao building information modeling**. 2012. 181f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2012.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos**: formulação e aplicação de uma metodologia. 1989. 321f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SACKS, Rafael; BARAK, Ronen. Impact of three-dimensional parametric modeling of buildings on productivity in structural engineering practice. **Automation in Construction**, v. 17, n. 4, p.439-449, maio 2008.

SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles M.; LEE, Ghang. Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete. **Automation in Construction**, v. 13, n. 3, p.291-312, maio 2004.

SASS, Lawrence. A physical design grammar: a production system for layered manufacturing machines. **Automation in Construction**, v.17, n.6, p.691–704, 2008.

SILVA, Margarete Maria de Araújo. **Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação**. 2003. 167 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SUCCAR, Bilal. Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v.18, n.3, p.357-375, maio 2009.

THOMAS, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** São Paulo: Pini, 2002.

VAISHNAVI , Vijay K.; KUECHLER JR., William. **Design science research methods and patterns: innovating information and communication technology.** Boston: Auerbach Publications, 2007.

VILATÓ, Rolando Ramirez; FRANCO, Luis Sérgio. **Racionalização do projeto de edifícios em alvenaria estrutural.** São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2000.

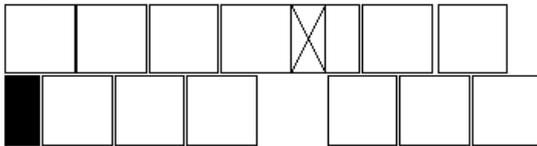
APÊNDICE A - Conjunto de Teste LcCeR1

Teste 01: LcCeR1

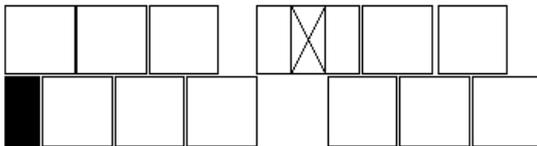
Momento Inicial.



Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.



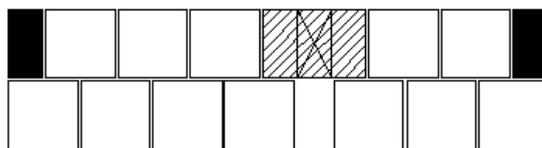
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado a favor do deslocamento.



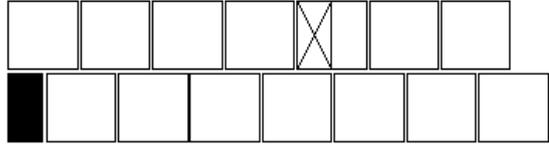
Deslocamento do bloco de 1M, localizado na fiada ímpar e no ponto extremo do lado a favor do deslocamento, 20cm par cima.



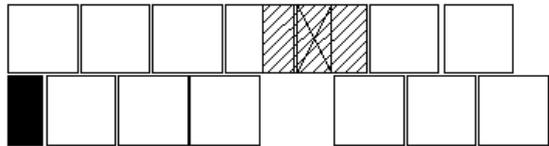
Inserção de um bloco 1M na fiada par, no ponto extremo do lado contrário a deslocamento.



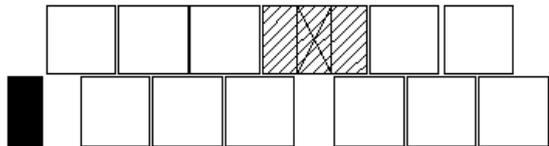
Deslocamento da parede Li sobre Lc.



Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



Deslocamento de todos blocos 2M, localizados ao lado a favor do deslocamento, 10cm (1M) em direção ao encontro.



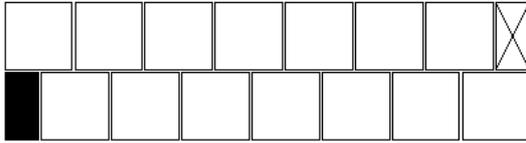
Inserção de um bloco 2M na fiada ímpar no ponto extremo contrário ao deslocamento.



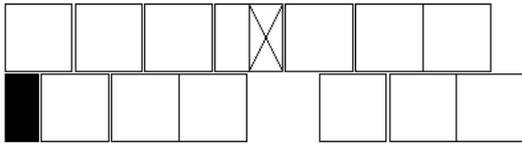
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02: LcCeR1.

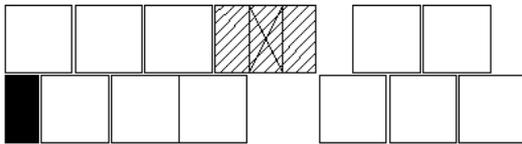
Momento Inicial.



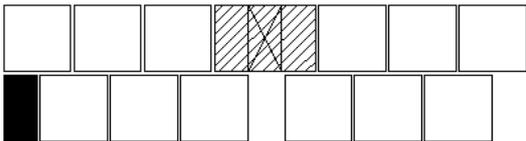
Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.



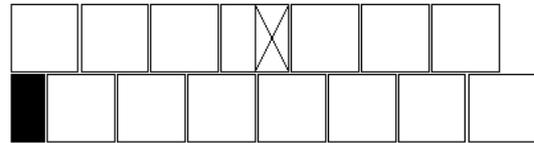
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado contrário ao deslocamento.



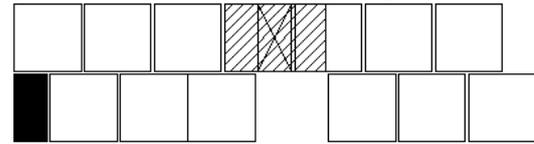
Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo contrário ao deslocamento.



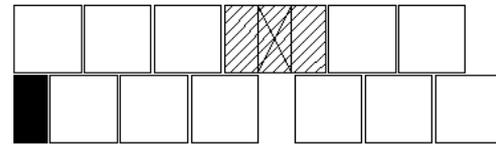
Deslocamento da parede Li sobre Lc.



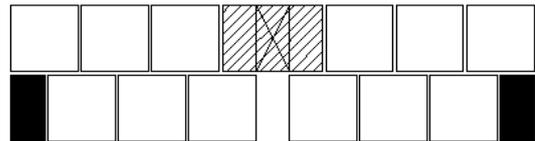
Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



Deslocamento de todos blocos 2M, localizados contrário ao deslocamento, 10cm em direção ao encontro.



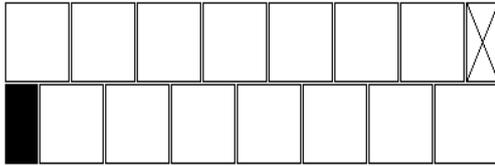
Inserção de um bloco 1M na fiada ímpar, no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.



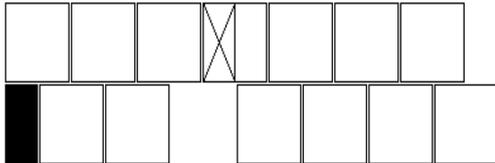
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 03 – LcCeR1.

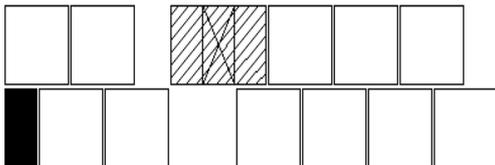
Momento Inicial.



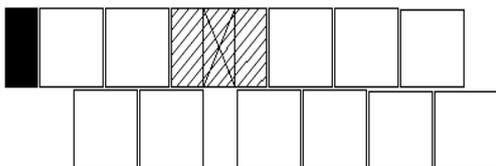
Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.



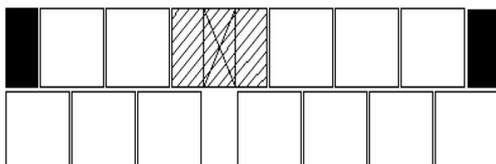
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado a favor do deslocamento.



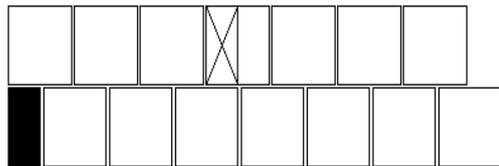
Deslocamento do bloco de 1M, localizado na fiada ímpar e no ponto extremo do lado a favor do deslocamento, 20cm par cima.



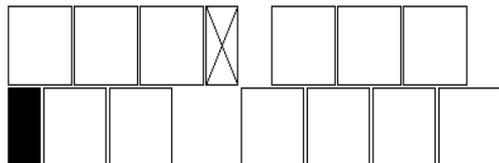
Inserção de um bloco 1M na fiada par, no ponto extremo do lado contrário a deslocamento.



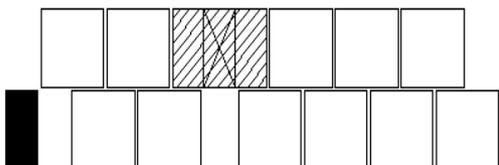
Deslocamento da parede Li sobre Lc.



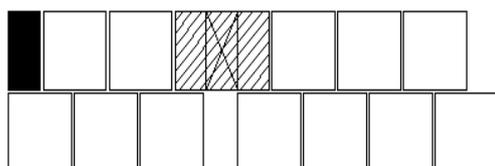
Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



Deslocamento de todos blocos 2M, localizados ao lado a favor do deslocamento, 10cm (1M) em direção ao encontro.

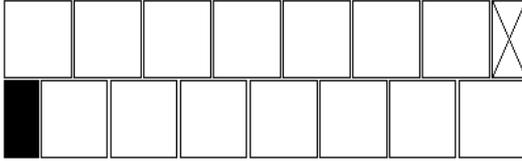


Inserção de um bloco 2M na fiada ímpar no ponto extremo contrário ao deslocamento.

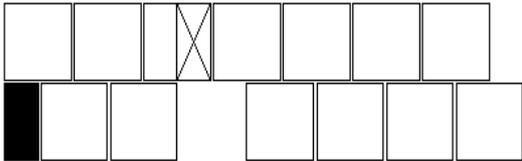


Teste 04 – LcCeR1.

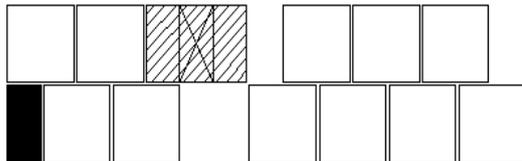
Momento Inicial.



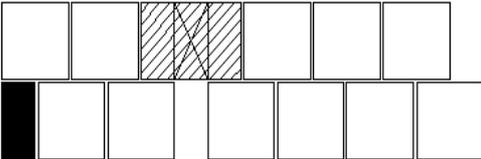
Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.



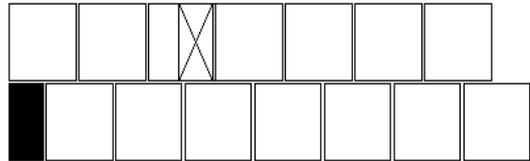
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado contrário ao deslocamento.



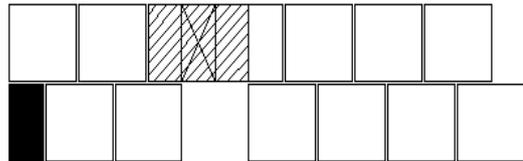
Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo contrário ao deslocamento.



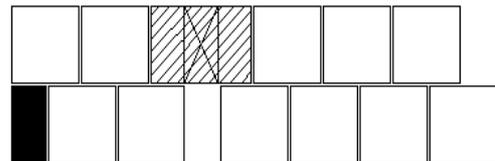
Deslocamento da parede Li sobre Lc.



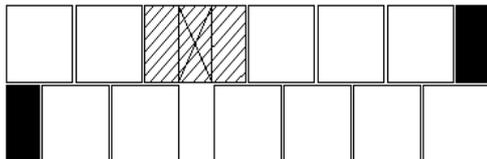
Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



Deslocamento de todos blocos 2M, localizados contrário ao deslocamento, 10cm em direção ao encontro.



Inserção de um bloco 1M na fiada ímpar, no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.

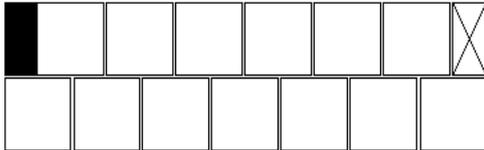


Fonte: Elaborada pelo autor.

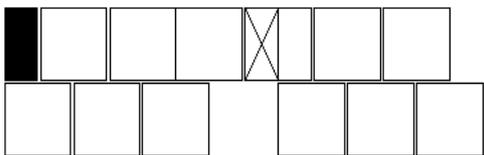
APÊNDICE B – Conjunto de testes LcCeR2.

Teste 01 – LcCeR2

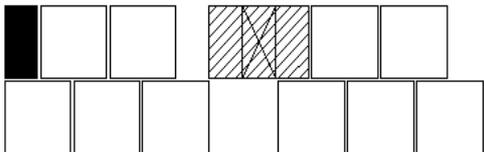
Momento Inicial.



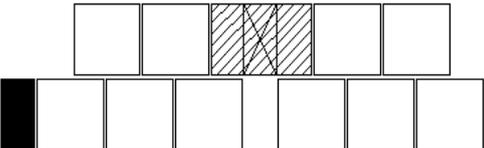
Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.



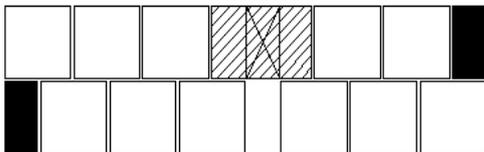
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado a favor do deslocamento.



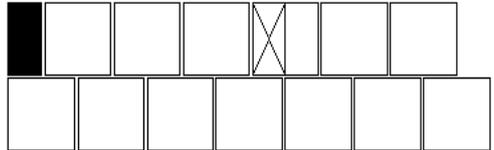
Deslocamento do bloco de 1M, localizado na fiada par e no ponto extremo do lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



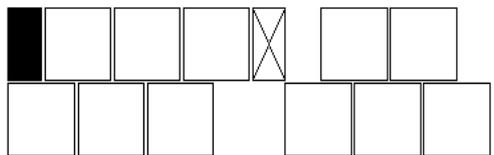
Inserção de um bloco 1M na fiada par, no ponto extremo do lado contrário a deslocamento.



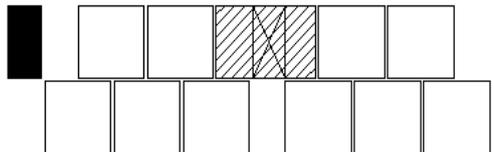
Deslocamento da parede Li sobre Lc.



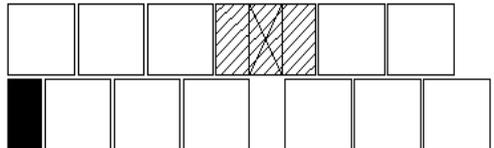
Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



Deslocamento de todos blocos 2M, localizados ao lado a favor do deslocamento, 10cm (1M) em direção ao encontro.



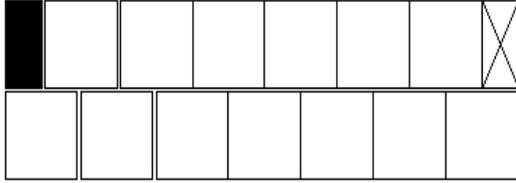
Inserção de um bloco 2M na fiada par no ponto extremo a favor do deslocamento.



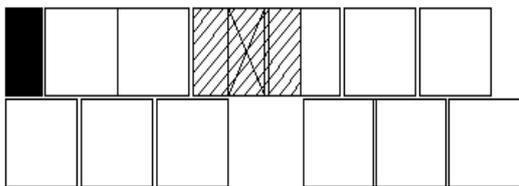
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 – LcCeR2

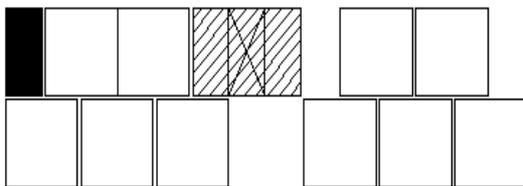
Momento Inicial.



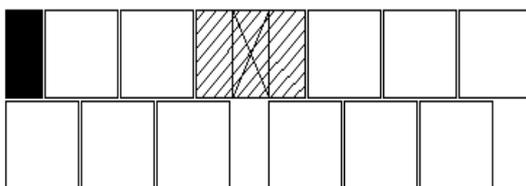
Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.



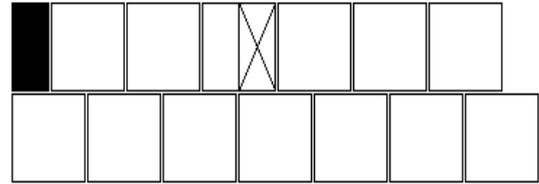
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado contrário ao deslocamento.



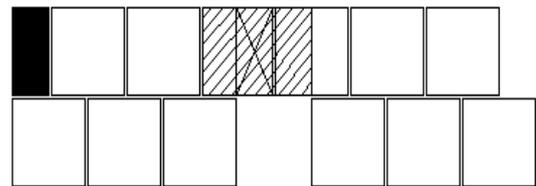
Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo contrário ao deslocamento.



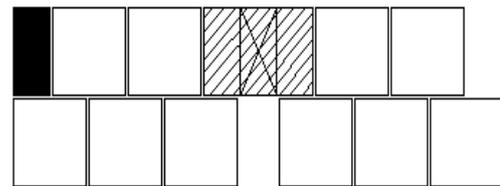
Deslocamento da parede Li sobre Lc.



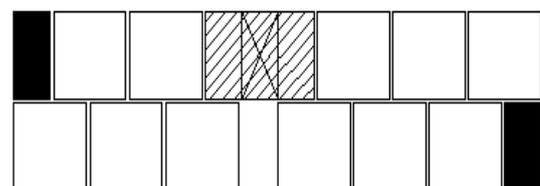
Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



Deslocamento de todos blocos 2M, localizados contrário ao deslocamento, 10cm em direção ao encontro.



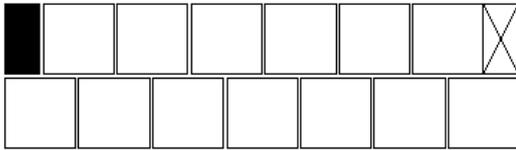
Inserção de um bloco 1M na fiada ímpar, no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.



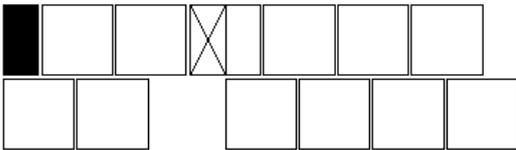
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 03 – LcCeR2

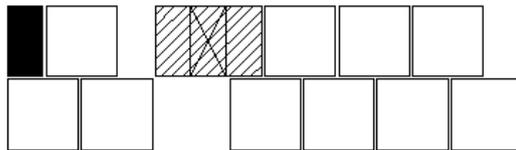
Momento Inicial.



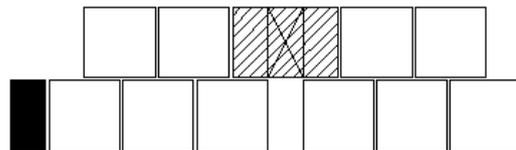
Eliminação do bloco 2M localizado na fiada par e coincidente sobre o encontro.



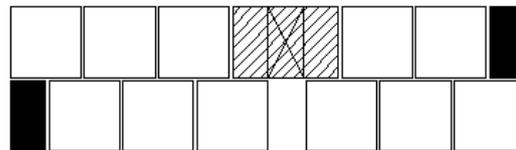
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado a favor do deslocamento.



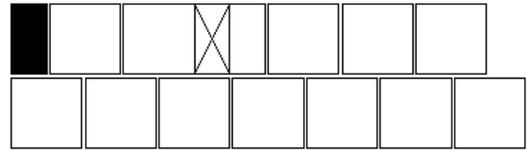
Deslocamento do bloco de 1M, localizado na fiada par e no ponto extremo do lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



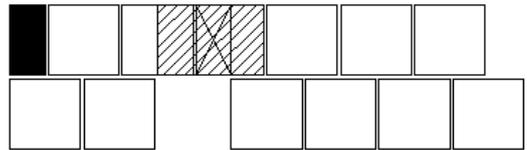
Inserção de um bloco 1M na fiada par, no ponto extremo do lado contrário a deslocamento.



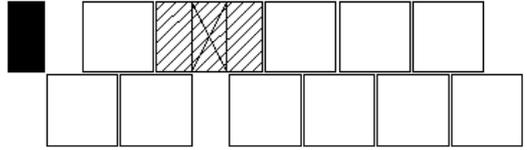
Deslocamento da parede L i sobre L c.



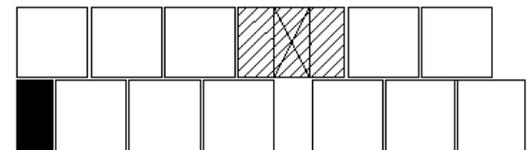
Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



Deslocamento de todos blocos 2M, localizados ao lado a favor do deslocamento, 10cm (1M) em direção ao encontro.



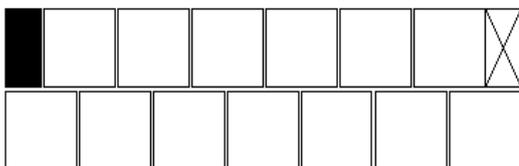
Inserção de um bloco 2M na fiada par no ponto extremo a favor do deslocamento.



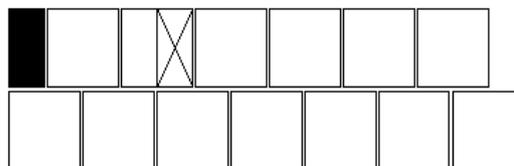
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 04 – LcCeR2.

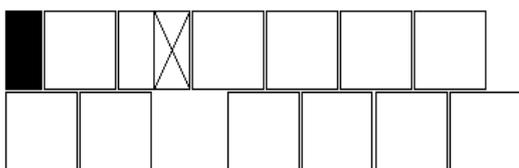
Momento Inicial.



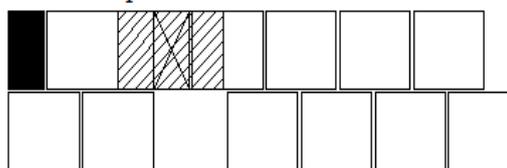
Deslocamento da parede Li sobre Lc.



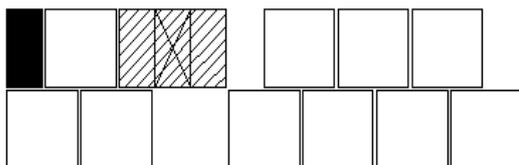
Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.



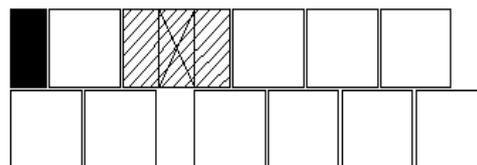
Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



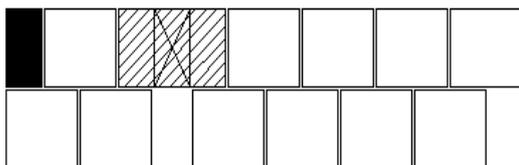
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado contrário ao deslocamento.



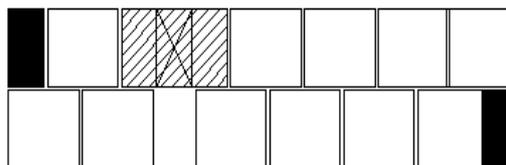
Deslocamento de todos blocos 2M, localizados contrário ao deslocamento, 10cm em direção ao encontro.



Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo contrário ao deslocamento.



Inserção de um bloco 1M na fiada ímpar, no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.

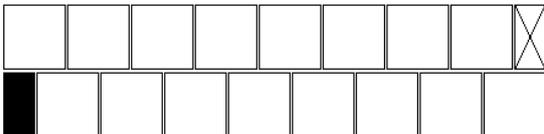


Fonte: Elaborada pelo autor.

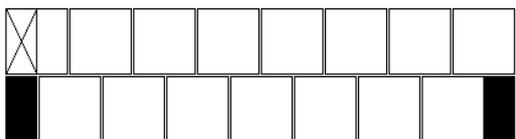
APÊNDICE C – Conjunto de testes do padrão LcExR1.

Teste 01 - LcExR1.

Momento Inicial.



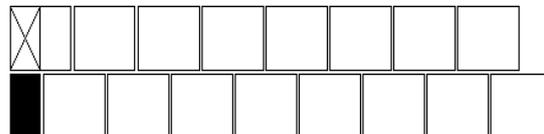
Substituição do bloco 2M localizado na fiada ímpar no extremo oposto ao novo encontro por um de 1M.



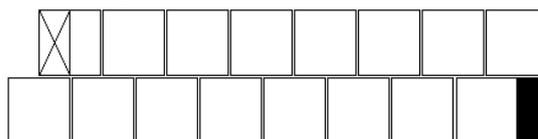
Deslocamento de todos os blocos 15cm em direção ao lado contrário o novo encontro.



Deslocamento da parede Lc sobre Li.



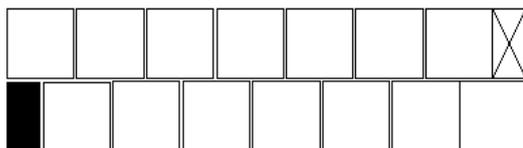
Substituição do bloco 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com o novo encontro por um de 2M.



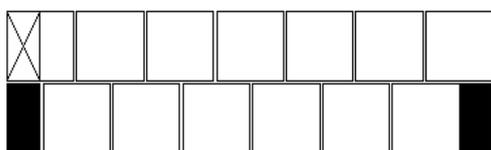
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 - LcExR1

Momento Inicial.



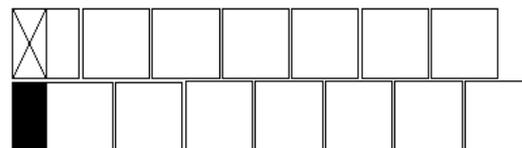
Substituição do bloco 2M localizado na fiada ímpar no extremo oposto ao novo encontro por um de 1M.



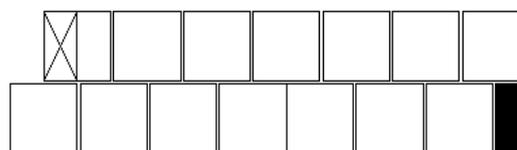
Deslocamento de todos os blocos 15cm em direção ao lado contrário o novo encontro.



Deslocamento da parede Li sobre Lc.



Substituição do bloco 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com o novo encontro por um de 2M.

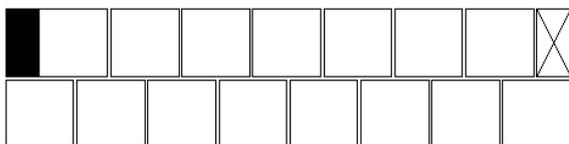


Fonte: Elaborada pelo autor.

APÊNDICE D – Conjunto de testes do padrão LcExR2.

Teste 01 – LcExR2.

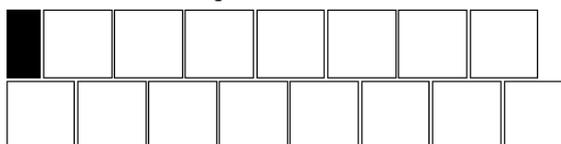
Momento Inicial.



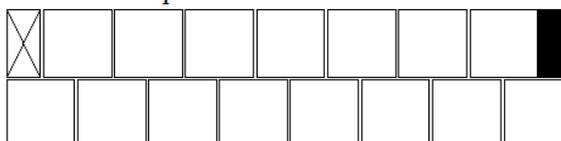
Eliminação do bloco 1M localizado na fiada par e coincidente com o encontro.



Deslocamento da parede Lc sobre Li.



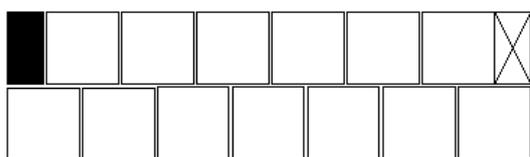
Inserção do bloco de 1M sobre a fiada par no extremo oposto ao encontro.



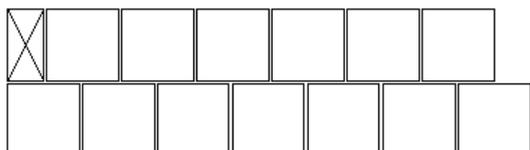
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 – LcExR2.

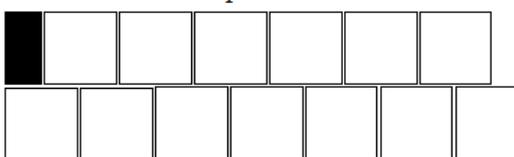
Momento Inicial.



Eliminação do bloco 1M localizado na fiada par e coincidente com o encontro.



Deslocamento da parede Li sobre Lc.



Inserção do bloco de 1M sobre a fiada par no extremo oposto ao encontro.



Fonte: Elaborada pelo autor.

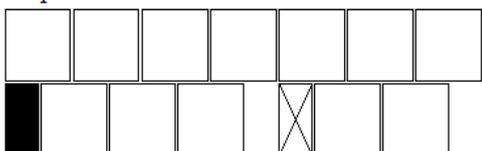
APÊNDICE E – Conjunto de testes do padrão LcExR1.

Teste 01 - LiCe1R1.

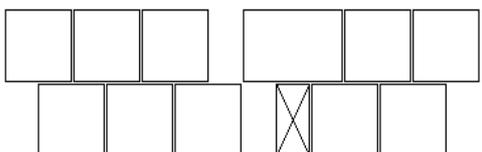
Momento Inicial.



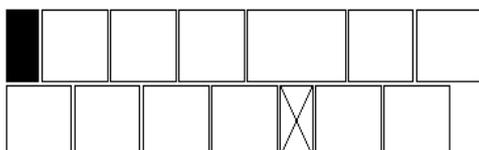
Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.



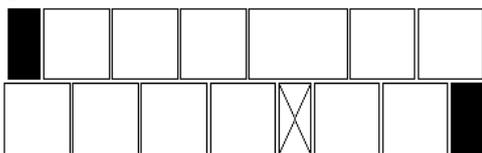
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado a favor do deslocamento.



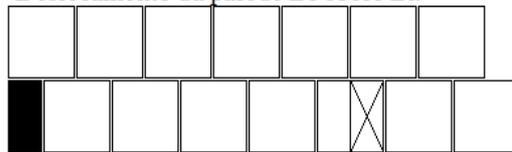
Deslocamento do bloco de 1M, localizado na fiada ímpar e no ponto extremo do lado a favor do deslocamento, 20cm para cima.



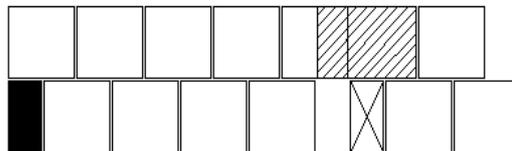
Inserção de um bloco 1M na fiada ímpar, no ponto extremo do lado contrário a deslocamento.



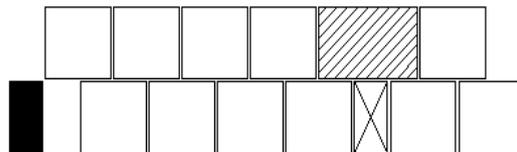
Deslocamento da parede Lc sobre Li.



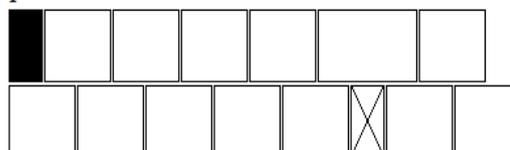
Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



Deslocamento de todos blocos 2M, localizados ao lado a favor do deslocamento, 10cm em direção ao encontro.



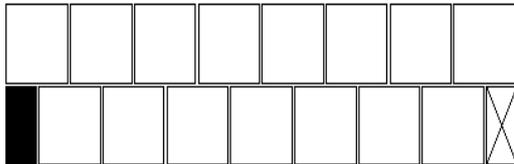
Inserção de um bloco 2M na fiada ímpar no ponto extremo no lado contrário ao deslocamento.



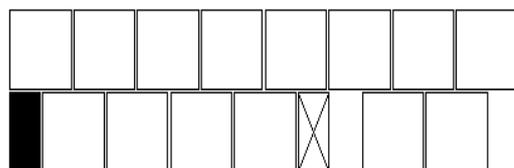
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 - LiCe1R1.

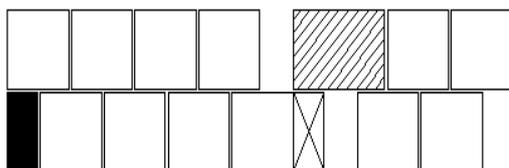
Momento Inicial.



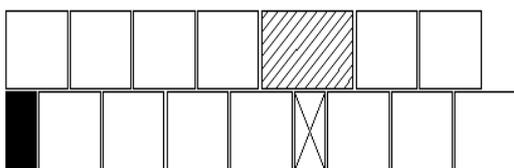
Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.



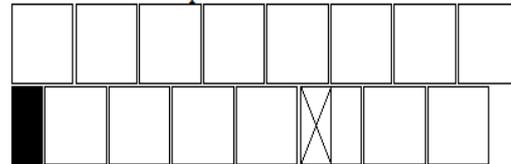
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado contrário ao deslocamento.



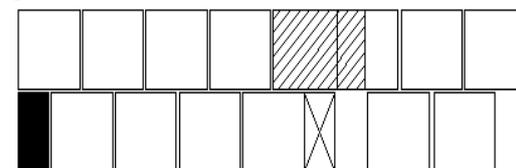
Inserção de um bloco 2M na fiada ímpar no ponto extremo contrário ao deslocamento.



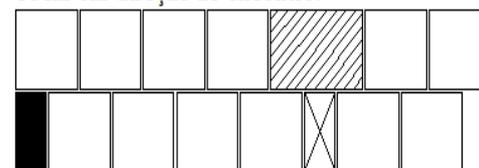
Deslocamento da parede Lc sobre Li.



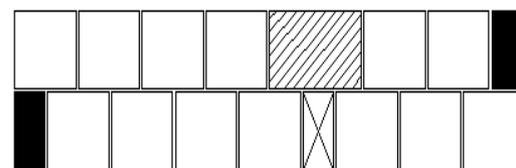
Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



Deslocamento de todos blocos 2M, localizados contrário ao deslocamento, 10cm em direção ao encontro.



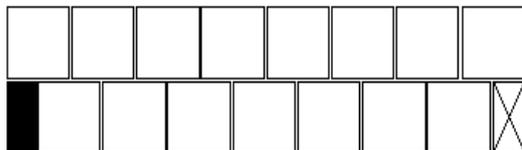
Inserção de um bloco 1M na fiada par, no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.



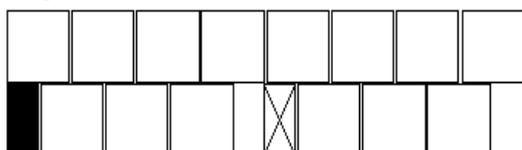
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 03 - LiCe1R1

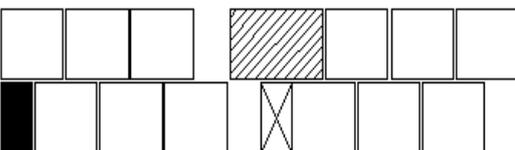
Momento Inicial.



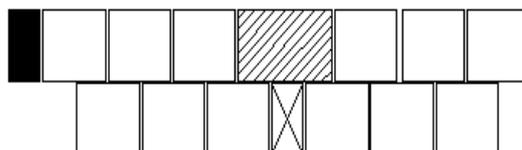
Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.



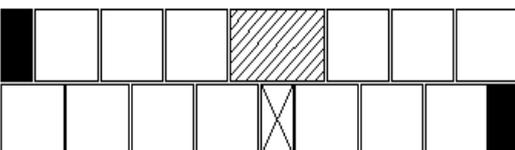
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado a favor do deslocamento.



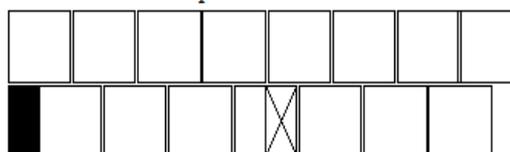
Deslocamento do bloco de 1M, localizado na fiada ímpar e no ponto extremo do lado a favor do deslocamento, 20cm par cima.



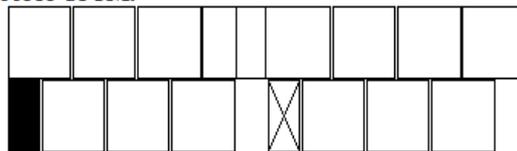
Inserção de um bloco 1M na fiada ímpar, no ponto extremo do lado contrário a deslocamento.



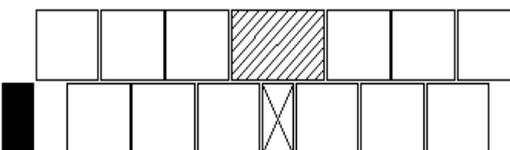
Deslocamento da parede Lc sobre Li.



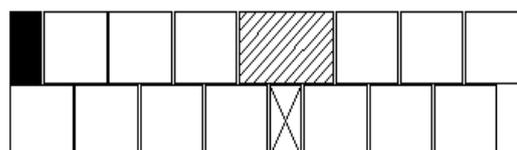
Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



Deslocamento de todos blocos 2M, localizados ao lado a favor do deslocamento, 10cm em direção ao encontro.



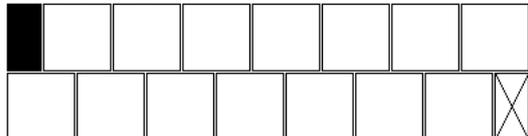
Inserção de um bloco 2M na fiada ímpar no ponto extremo no lado contrário ao deslocamento.



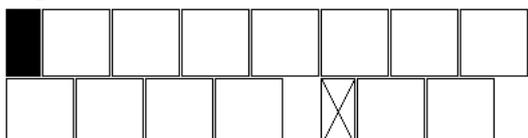
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 04 - LiCe1R1.

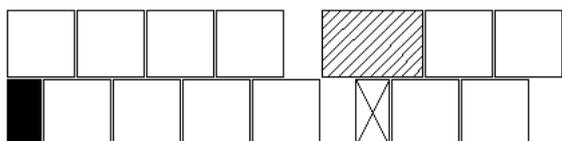
Momento Inicial.



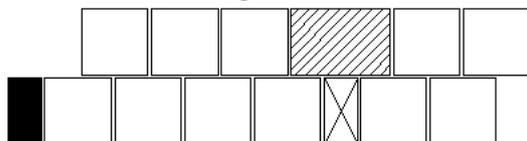
Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.



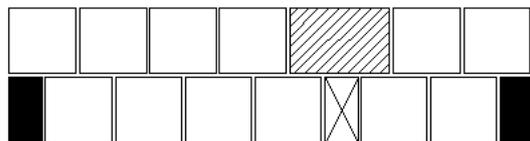
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado a favor do deslocamento.



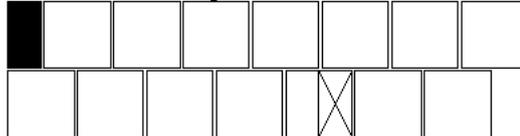
Deslocamento do bloco de 1M, localizado na fiada ímpar e no ponto extremo do lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



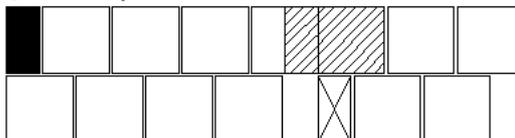
Inserção de um bloco 1M na fiada ímpar, no ponto extremo do lado contrário a deslocamento.



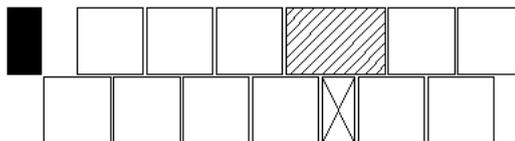
Deslocamento da parede Lc sobre Li.



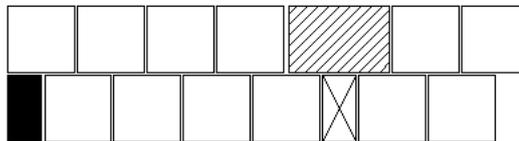
Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



Deslocamento de todos blocos 2M, localizados ao lado a favor do deslocamento, 10cm (1M) em direção ao encontro.



Inserção de um bloco 2M na fiada par no ponto extremo no lado contrário ao deslocamento.



Fonte: Elaborada pelo autor.

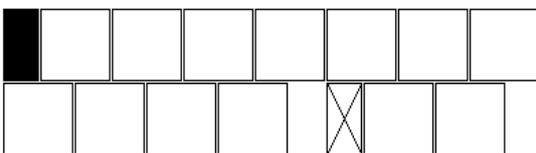
APÊNDICE F – Conjunto de testes do padrão LiCe1R2.

Teste 01 - LiCe1R2.

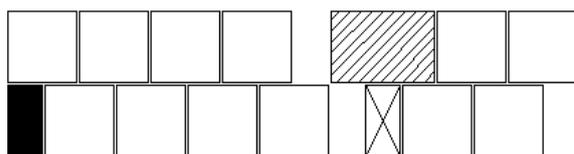
Momento Inicial.



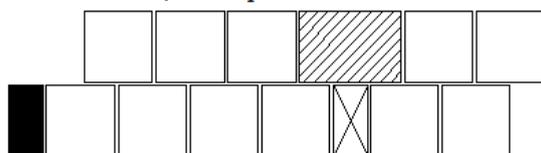
Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.



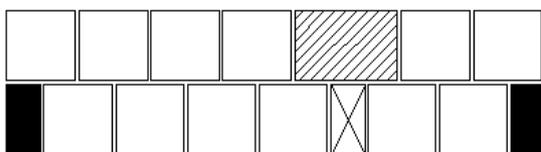
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado a favor do deslocamento.



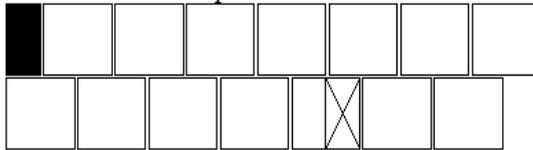
Deslocamento do bloco de 1M, localizado na fiada ímpar e no ponto extremo do lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



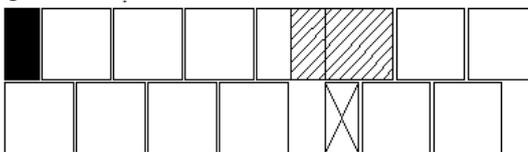
Inserção de um bloco 1M na fiada ímpar, no ponto extremo do lado contrário a deslocamento.



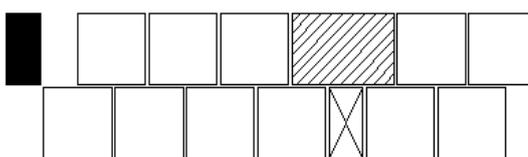
Deslocamento da parede Lc sobre Li.



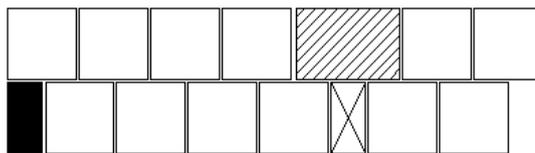
Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



Deslocamento de todos blocos 2M, localizados ao lado a favor do deslocamento, 10cm (1M) em direção ao encontro.



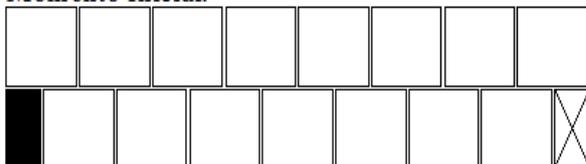
Inserção de um bloco 2M na fiada par no ponto extremo no lado contrário ao deslocamento.



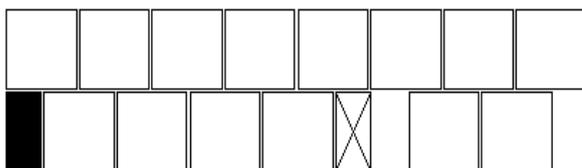
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 - LiCe1R2.

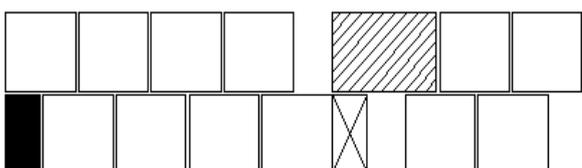
Momento Inicial.



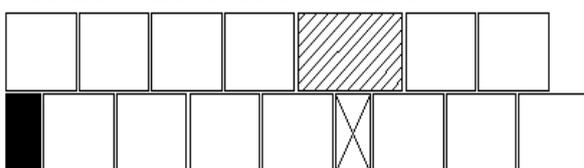
Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.



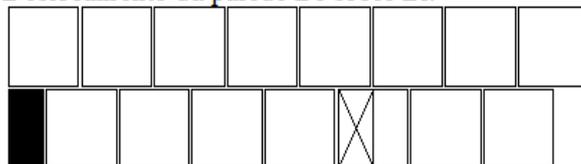
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado contrário ao deslocamento.



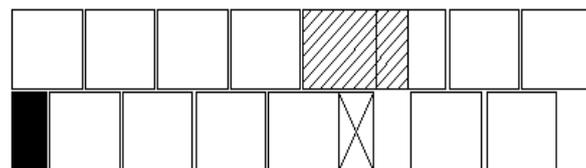
Inserção de um bloco 2M na fiada ímpar no ponto extremo contrário ao deslocamento.



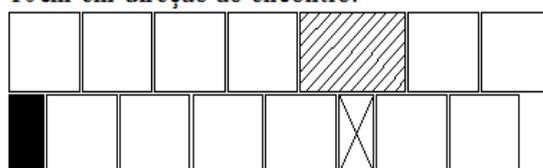
Deslocamento da parede Lc sobre Li.



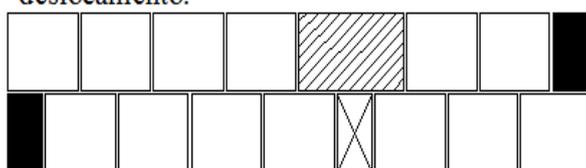
Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



Deslocamento de todos blocos 2M, localizados contrário ao deslocamento, 10cm em direção ao encontro.



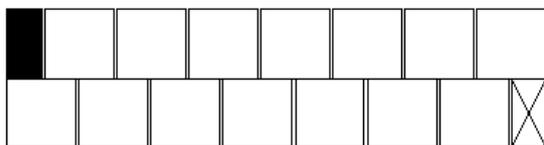
Inserção de um bloco 1M na fiada par, no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.



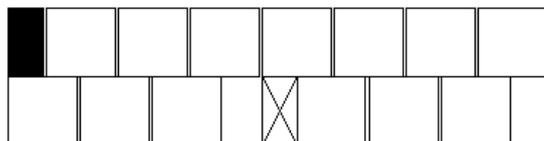
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 03 - LiCe1R2.

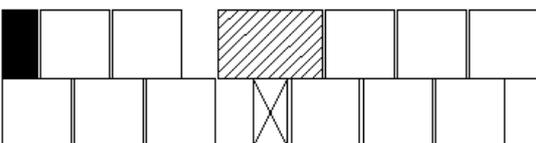
Momento Inicial.



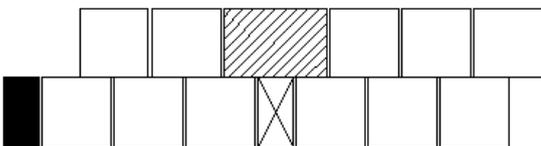
Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.



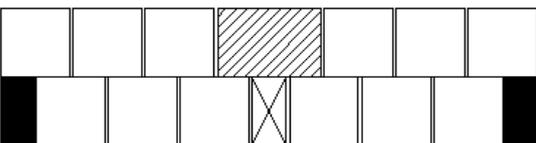
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado a favor do deslocamento.



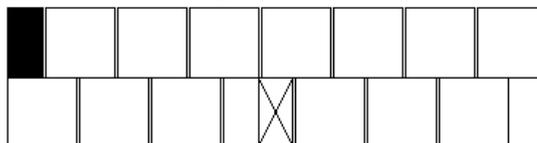
Deslocamento do bloco de 1M, localizado na fiada ímpar e no ponto extremo do lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



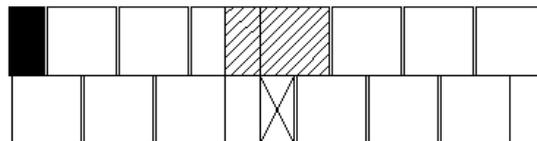
Inserção de um bloco 1M na fiada ímpar, no ponto extremo do lado contrário a deslocamento.



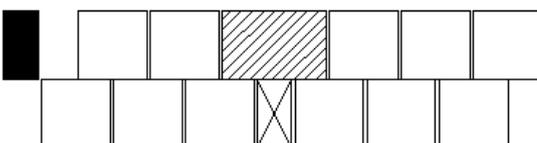
Deslocamento da parede Lc sobre Li.



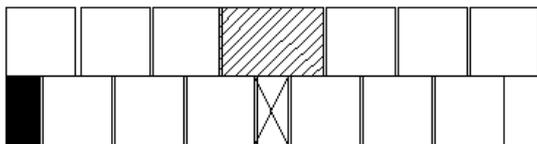
Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



Deslocamento de todos blocos 2M, localizados ao lado a favor do deslocamento, 10cm (1M) em direção ao encontro.



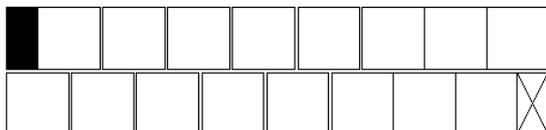
Inserção de um bloco 2M na fiada par no ponto extremo no lado contrário ao deslocamento.



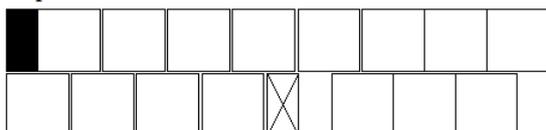
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 04 - LiCe1R2.

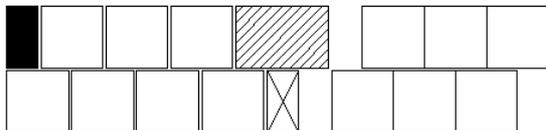
Momento Inicial.



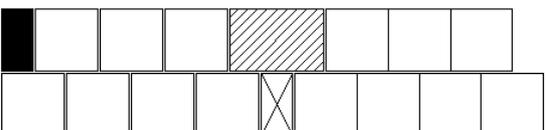
Eliminação do bloco 2M localizado na fiada ímpar e coincidente sobre o encontro.



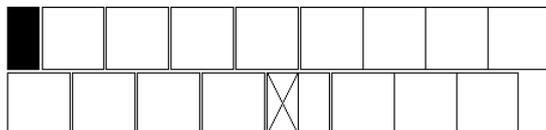
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par, vizinho ao encontro do lado contrário ao deslocamento.



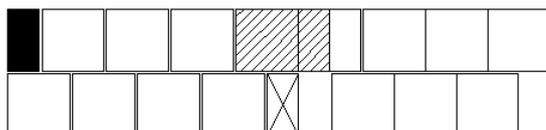
Inserção de um bloco 2M na fiada ímpar no ponto extremo contrário ao deslocamento.



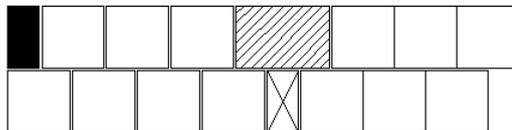
Deslocamento da parede Lc sobre Li.



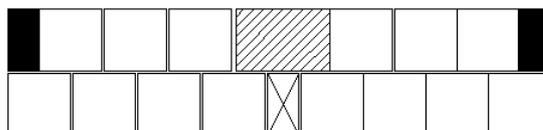
Substituição do bloco 2M, localizado na fiada par, coincidindo com o encontro por bloco de 3M.



Deslocamento de todos blocos 2M, localizados contrário ao deslocamento, 10cm em direção ao encontro.



Inserção de um bloco 1M na fiada par, no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.

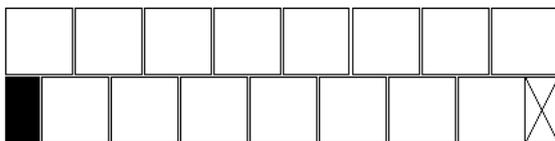


Fonte: Elaborada pelo autor.

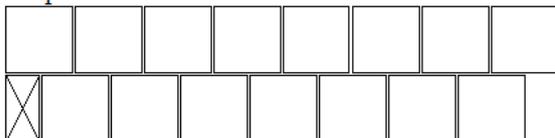
APÊNDICE G – Conjunto de testes do padrão LiExR1.

Teste 01 - LiExR1.

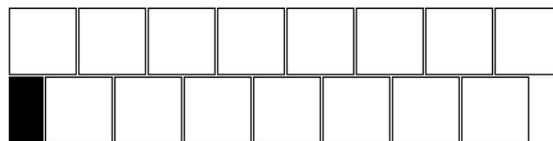
Momento Inicial.



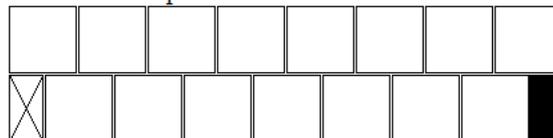
Eliminação do bloco 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com o encontro.



Deslocamento da parede Lc sobre Li.



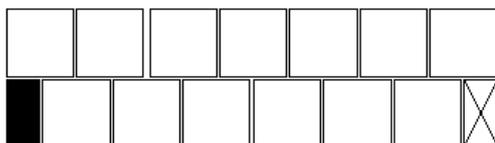
Inserção do bloco de 1M sobre a fiada ímpar no extremo oposto ao encontro.



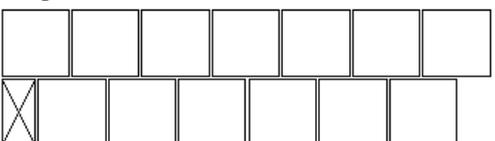
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 - LiExR1.

Momento Inicial.



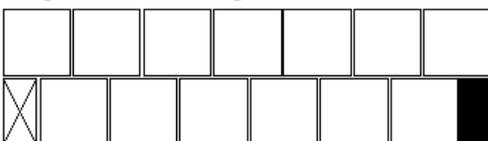
Eliminação do bloco 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com o encontro.



Deslocamento da parede Lc sobre Li.



Inserção do bloco de 1M sobre a fiada ímpar no extremo oposto ao encontro.



Fonte: Elaborada pelo autor.

APÊNDICE H – Conjunto de testes do padrão LiExR2.

Teste 01 – LiExR2

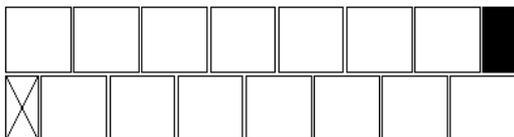
Momento Inicial.



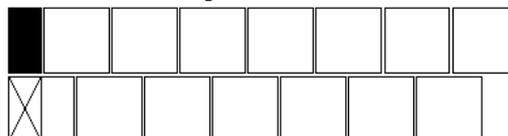
Substituição do bloco 2M localizado na fiada par no extremo oposto ao novo encontro.



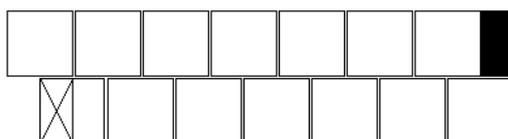
Deslocamento de todos os blocos 15cm em direção ao lado contrário o novo encontro.



Deslocamento da parede Lc sobre Li.



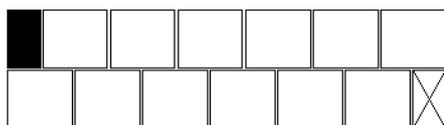
Substituição do bloco 1M localizado na fiada par e coincidente com o novo encontro.



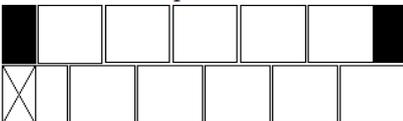
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 – LiExR2.

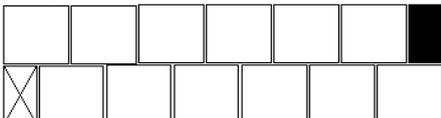
Momento Inicial.



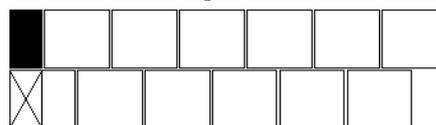
Substituição do bloco 2M localizado na fiada par no extremo oposto ao novo encontro por um bloco de 1M.



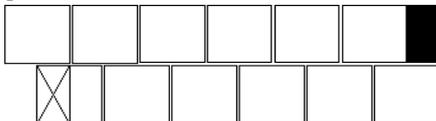
Deslocamento de todos os blocos 15cm em direção ao lado contrário o novo encontro.



Deslocamento da parede Lc sobre Li.



Substituição do bloco 1M localizado na fiada par e coincidente com o novo encontro.

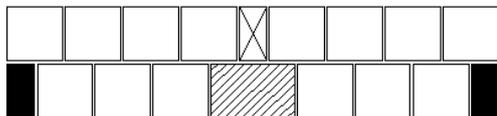


Fonte: Elaborada pelo autor.

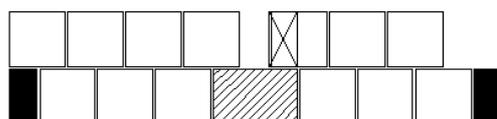
APÊNDICE I – Conjunto de testes do padrão R1T1CeR1.

Teste 01 – R1T1CeR1

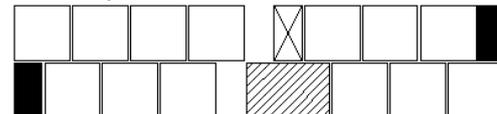
Momento Inicial.



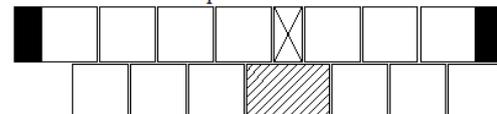
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.



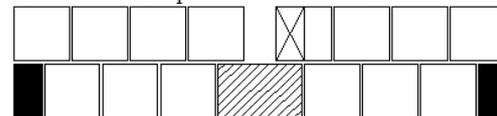
Deslocamento de todos os blocos de 2M e 3M, localizados do lado a favor do deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



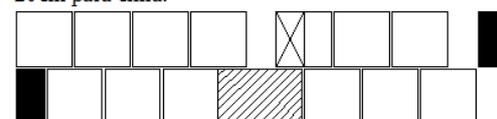
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20cm para cima.



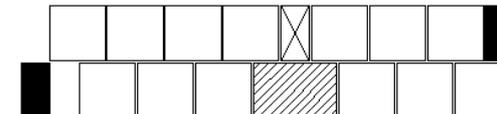
Deslocamento da parede X1 sobre T1.



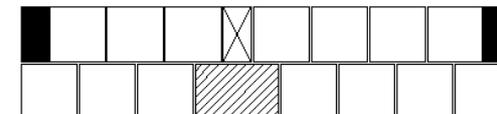
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para cima.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado contrário ao deslocamento e vizinhos a encontro inicial, 10cm no sentido do novo encontro.



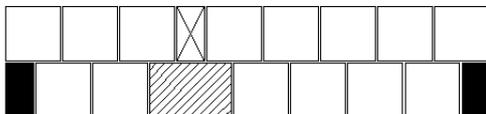
Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.



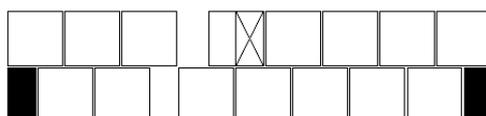
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 - R1T1CeR1

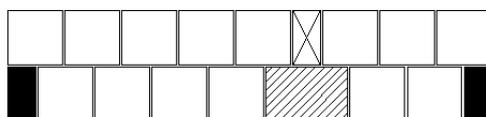
Momento Inicial.



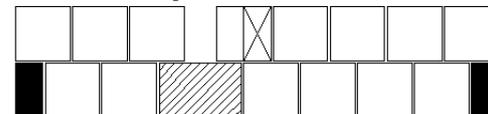
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



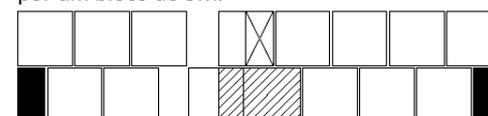
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e encontro final, 10cm no sentido do encontro inicial.



Deslocamento da parede Lc sobre T1.



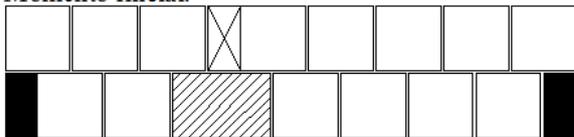
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



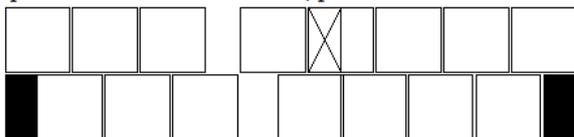
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 03 – R1T1CeR1.

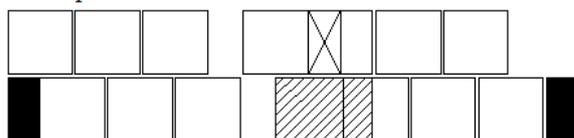
Momento Inicial.



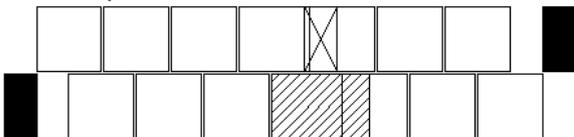
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



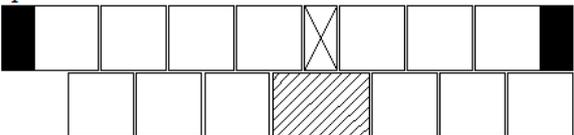
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



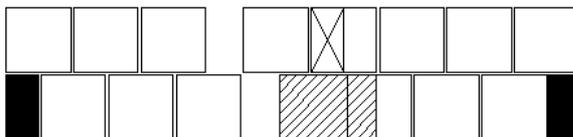
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20cm para cima.



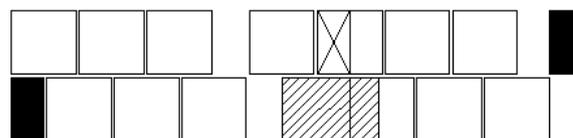
Deslocamento da parede Lc sobre T1.



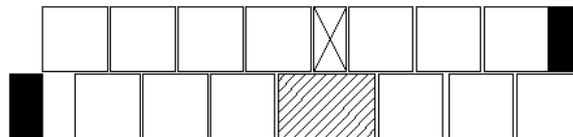
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



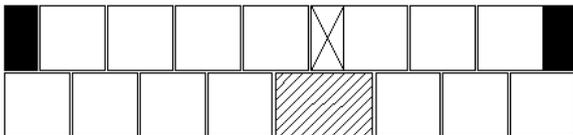
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para cima.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10cm no sentido contrário ao novo encontro.



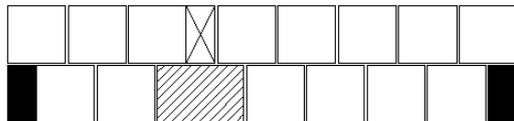
Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.



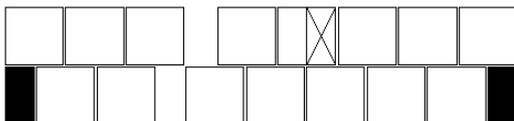
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 04 - R1T1CeR1.

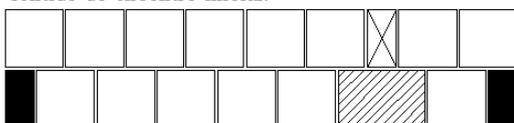
Momento Inicial.



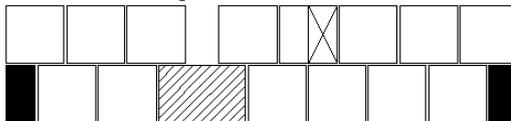
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



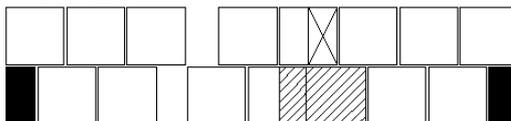
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e encontro final, 10cm no sentido do encontro inicial.



Deslocamento da parede X1 sobre T1.



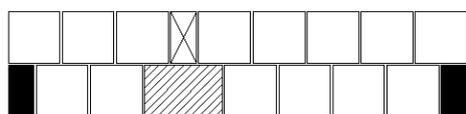
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



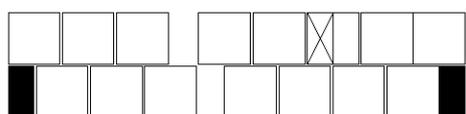
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 05 - R1T1CeR1.

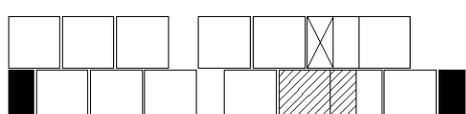
Momento Inicial.



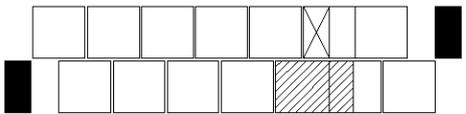
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.



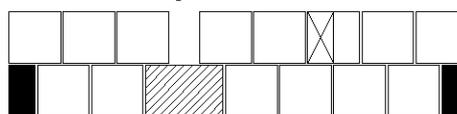
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



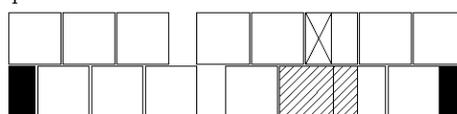
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20cm para cima.



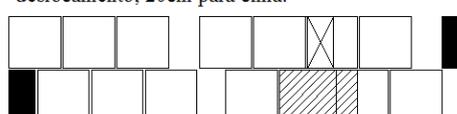
Deslocamento da parede X1 sobre T1.



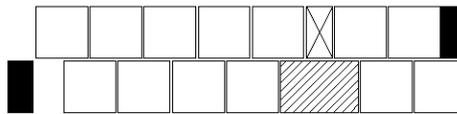
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



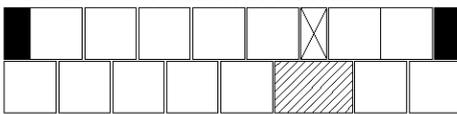
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para cima.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10cm no sentido contrário ao novo encontro.



Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.

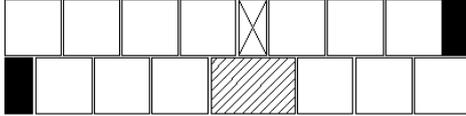


Fonte: Elaborada pelo autor.

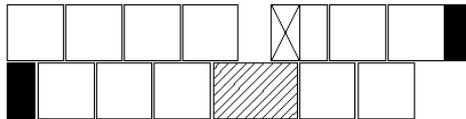
APÊNDICE J – Conjunto de testes do padrão R1T1CeR2.

Teste 01 – R1T1CeR2.

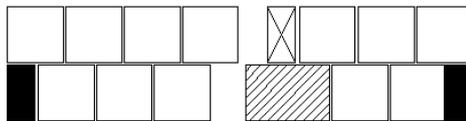
Momento Inicial.



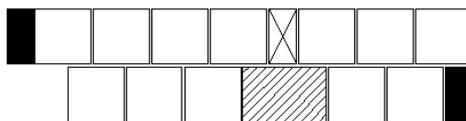
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.



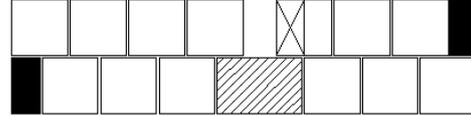
Deslocamento de todos os blocos de 2M e 3M localizados do lado a favor do deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



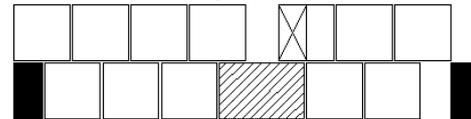
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20cm para cima.



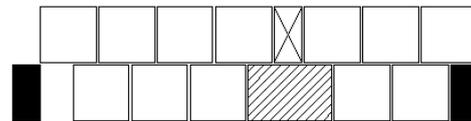
Deslocamento da parede X1 sobre T1.



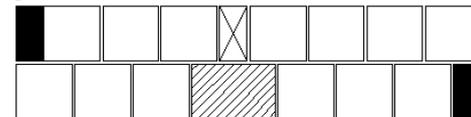
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado contrário ao deslocamento e vizinhos a encontro inicial, 10cm no sentido do novo encontro.



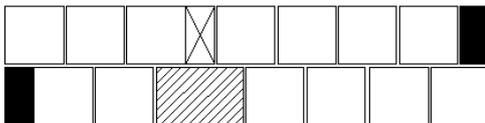
Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.



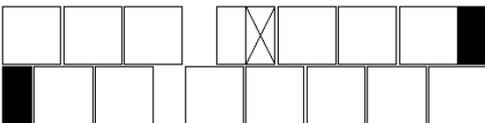
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 - R1T1CeR2.

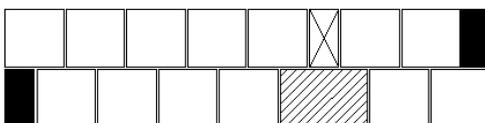
Momento Inicial.



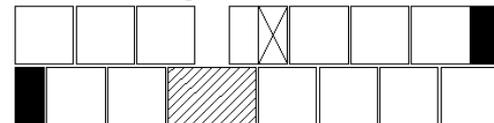
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



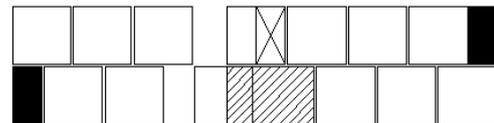
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e encontro final, 10cm no sentido do encontro inicial.



Deslocamento da parede Lc sobre T1.



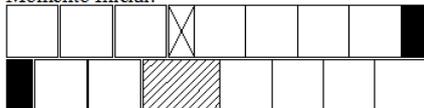
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



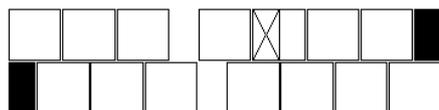
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 03 – R1T1CeR2.

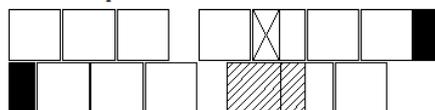
Momento Inicial.



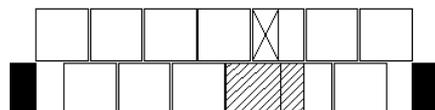
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



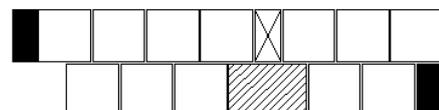
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.



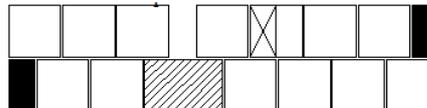
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



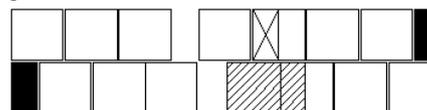
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20cm para cima.



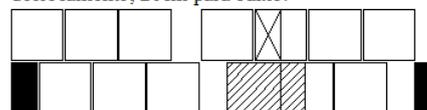
Deslocamento da parede Lc sobre T1.



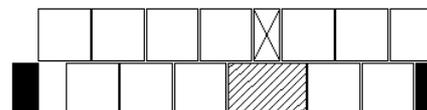
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



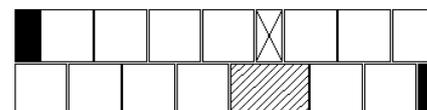
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10cm no sentido contrário ao novo encontro.



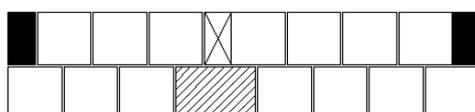
Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.



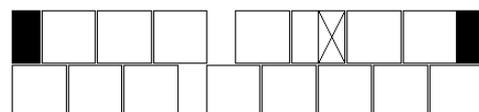
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 04 - R1T1CeR2.

Momento Inicial.



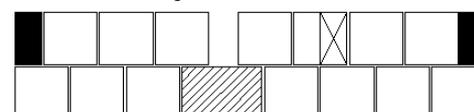
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



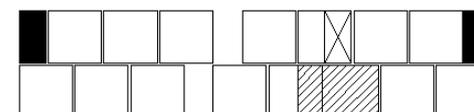
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e encontro final, 10cm no sentido do encontro inicial.



Deslocamento da parede X1 sobre T1.



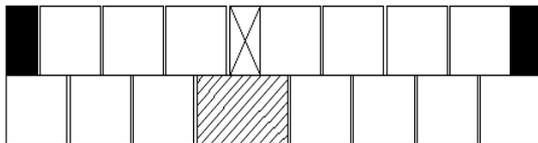
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



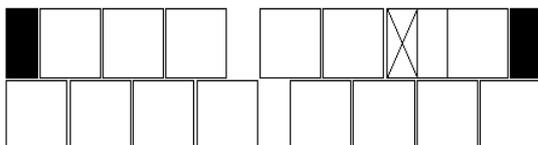
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 05 - R1T1CeR2.

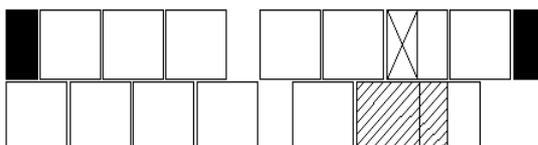
Momento Inicial.



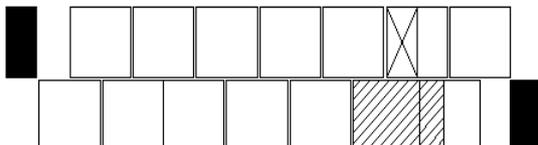
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



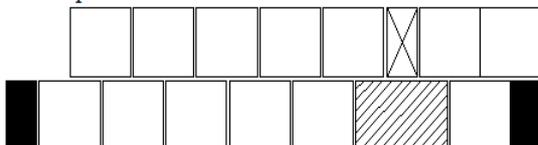
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.



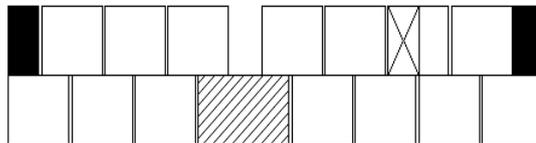
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



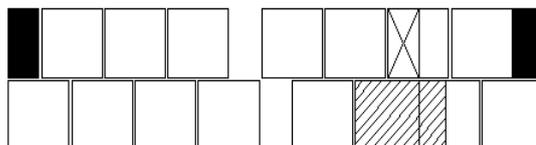
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20cm para baixo.



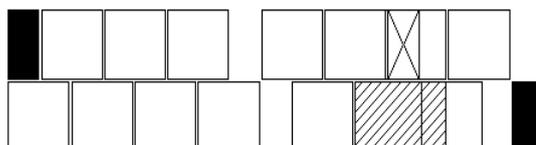
Deslocamento da parede X1 sobre T1.



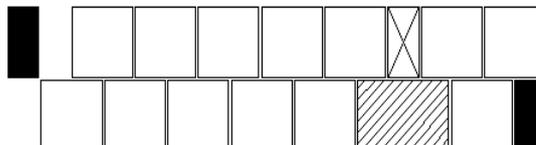
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



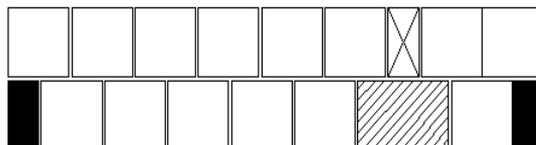
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10cm no sentido contrário ao novo encontro.



Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.

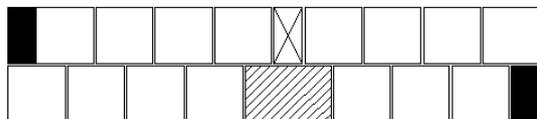


Fonte: Elaborada pelo autor.

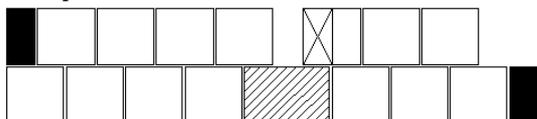
APÊNDICE K – Conjunto de testes do padrão R2T1CeR1.

Teste 01 – R2T1CeR1

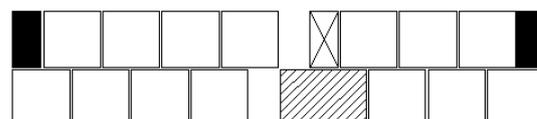
Momento Inicial.



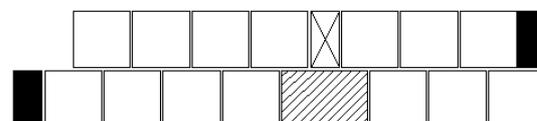
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.



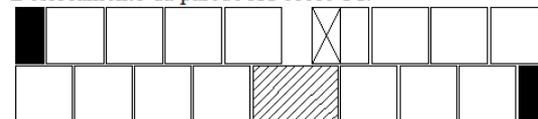
Deslocamento de todos os blocos de 2M e 3M, localizados do lado a favor do deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



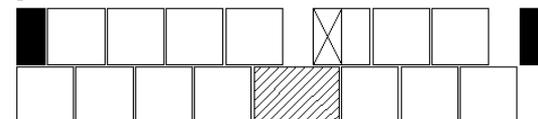
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20cm para baixo.



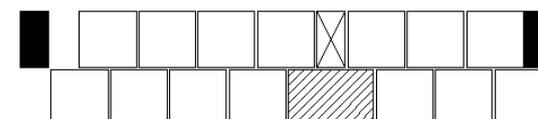
Deslocamento da parede X1 sobre T1.



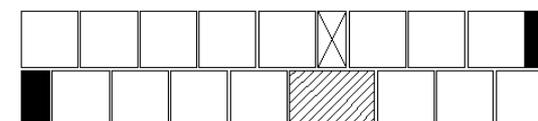
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado contrário ao deslocamento e vizinhos a encontro inicial, 10cm no sentido do novo encontro.

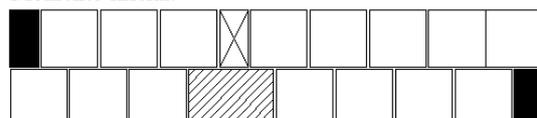


Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.

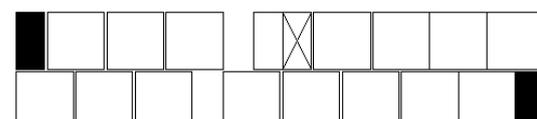


Fonte: Elaborada pelo autor.este 02 – R2T1CeR1

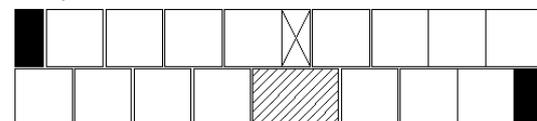
Momento Inicial.



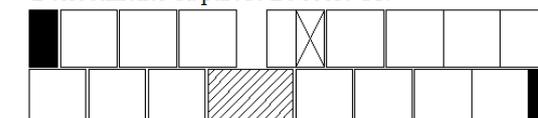
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



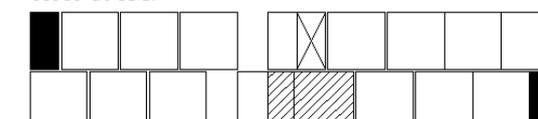
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e encontro final, 10cm no sentido do encontro inicial.



Deslocamento da parede Lc sobre T1.



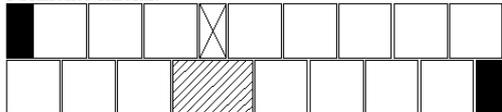
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



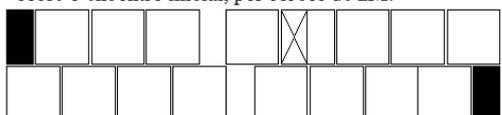
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 03 – R2T1CeR1.

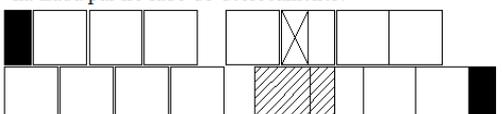
Momento Inicial.



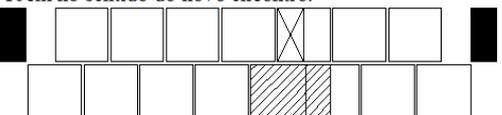
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



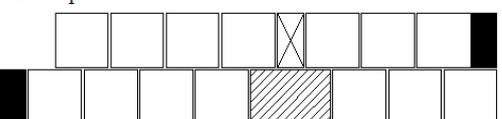
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.



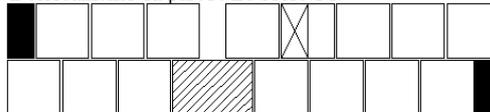
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



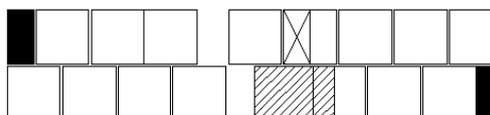
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20cm para baixo.



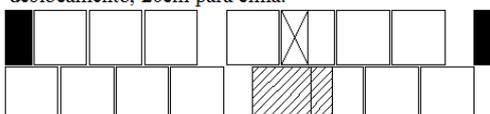
Deslocamento da parede Lc sobre T1.



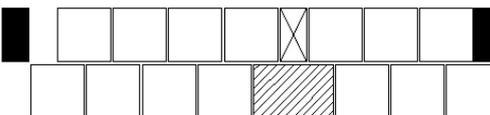
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



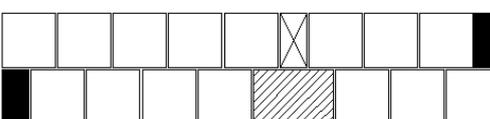
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada par no lado a favor do deslocamento, 20cm para cima.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10cm no sentido contrário ao novo encontro.



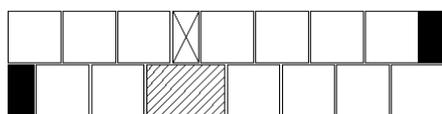
Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.



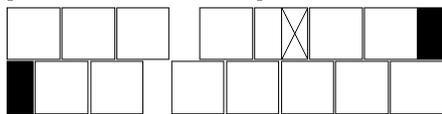
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 04 – R2T1CeR1

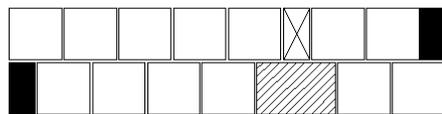
Momento Inicial.



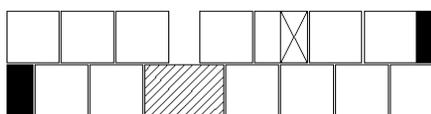
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



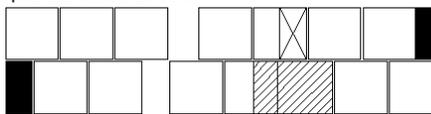
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e encontro final, 10cm no sentido do encontro inicial.



Deslocamento da parede X1 sobre T1.



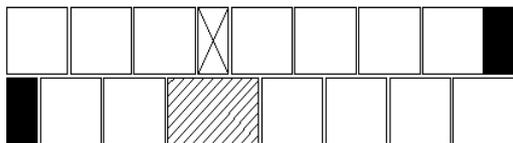
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



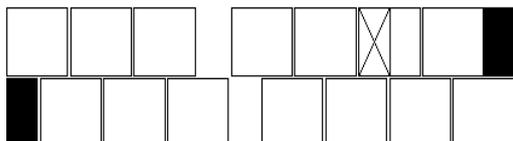
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 05 – R2T1CeR1

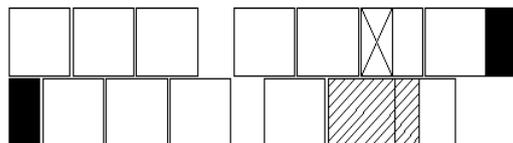
Momento Inicial.



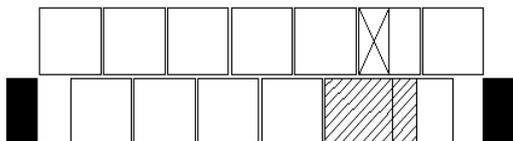
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



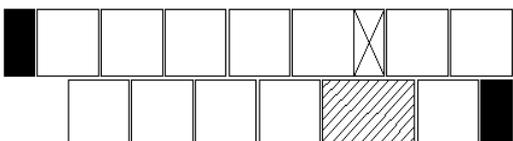
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.



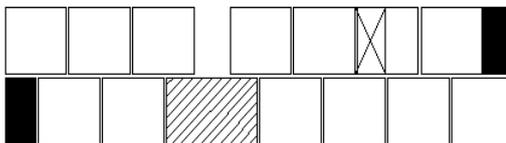
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



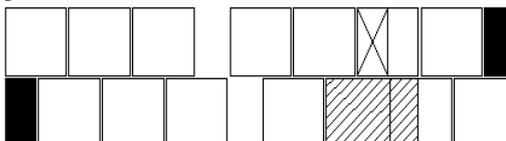
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20cm para cima.



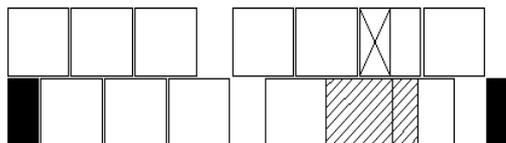
Deslocamento da parede X1 sobre T1.



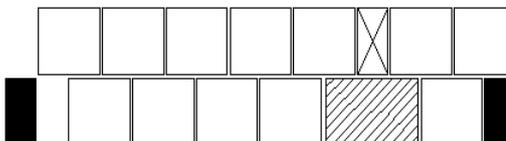
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



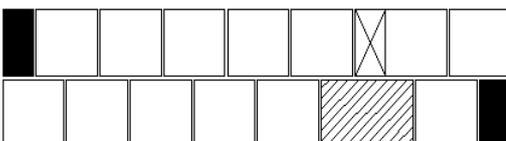
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10cm no sentido contrário ao novo encontro.



Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.

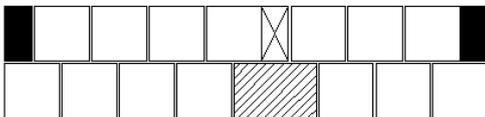


Fonte: Elaborada pelo autor.

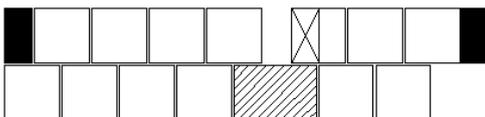
APÊNDICE L – Conjunto de testes do padrão R2T1CeR2.

Teste 01 – R2T1CeR2.

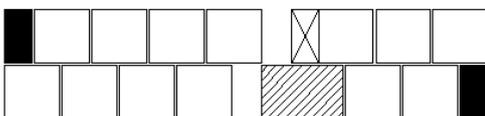
Momento Inicial.



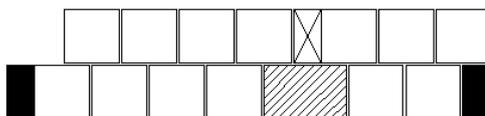
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.



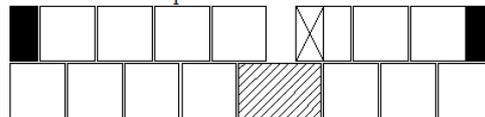
Deslocamento de todos os blocos de 2M e 3M, localizados do lado a favor do deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



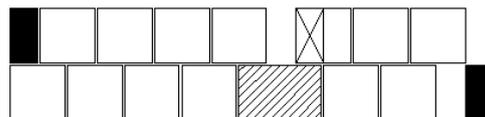
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20cm para baixo.



Deslocamento da parede X1 sobre T1.



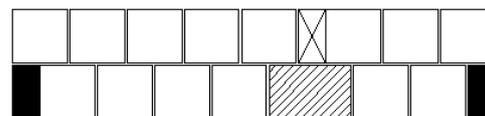
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada par no lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado contrário ao deslocamento e vizinhos a encontro inicial, 10cm no sentido do novo encontro



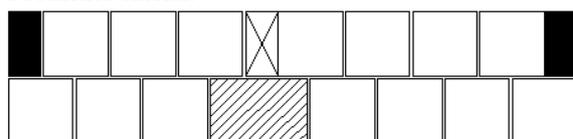
Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.



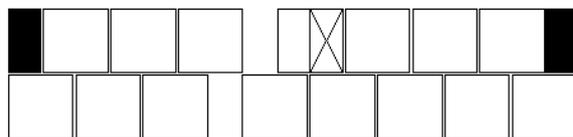
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 – R2T1CeR2.

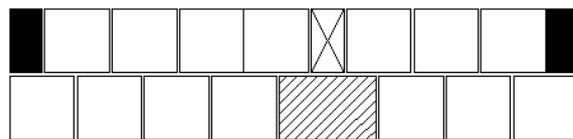
Momento Inicial.



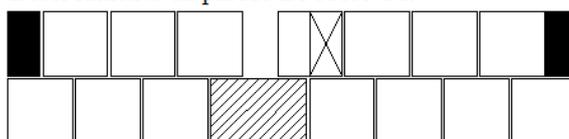
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



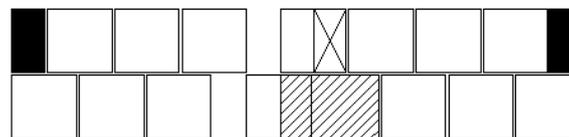
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e encontro final, 10cm no sentido do encontro inicial.



Deslocamento da parede Lc sobre T1.



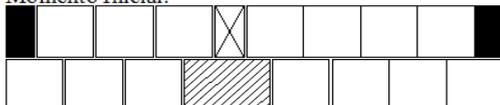
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



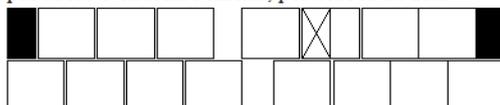
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 03 – R2T1CeR2.

Momento Inicial.



Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



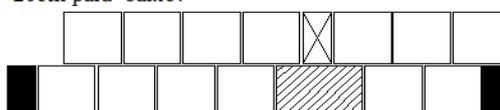
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.



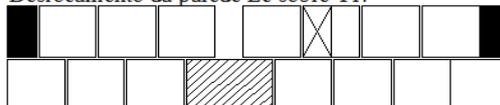
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



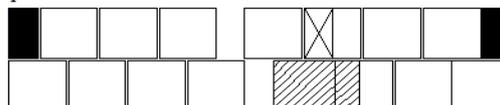
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20cm para baixo.



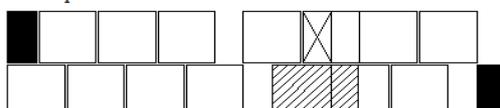
Deslocamento da parede Lc sobre T1.



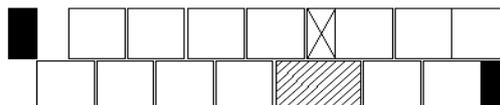
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, por um bloco de 3M.



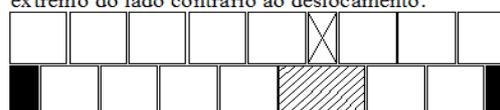
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10cm no sentido contrário ao novo encontro.



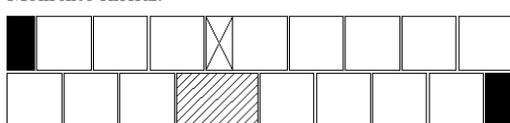
Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.



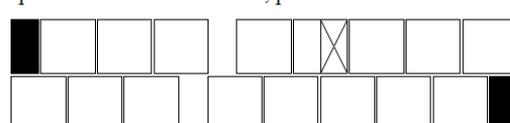
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 04 – R2T1CeR2.

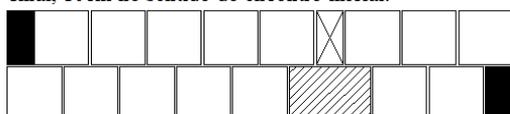
Momento Inicial.



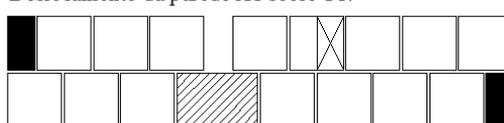
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



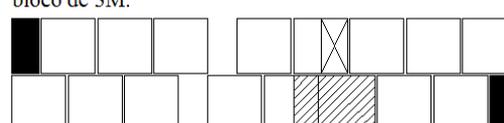
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e encontro final, 10cm no sentido do encontro inicial.



Deslocamento da parede X1 sobre T1.



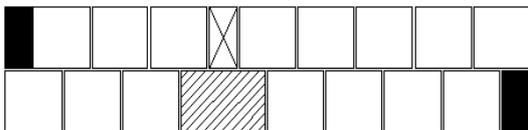
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



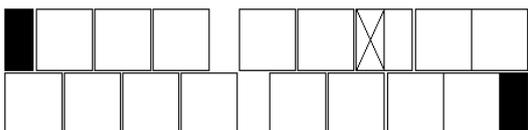
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 05 – R2T1CeR2.

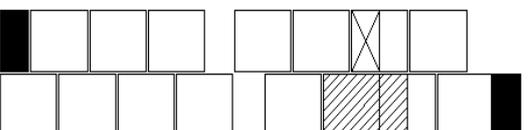
Momento Inicial.



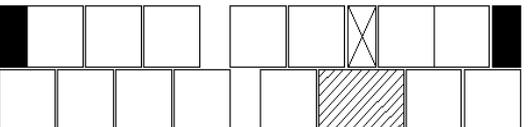
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



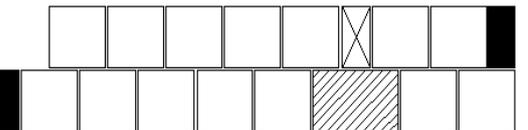
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.



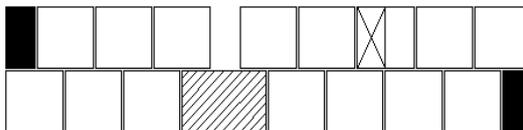
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



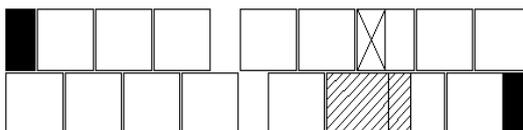
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20cm para baixo.



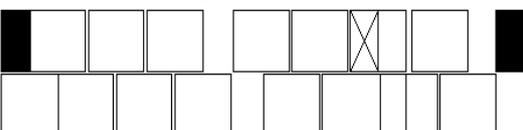
Deslocamento da parede X1 sobre T1.



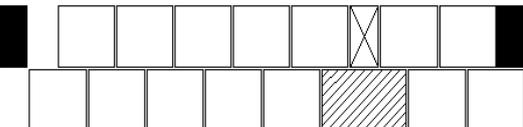
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada par no lado a favor do deslocamento, 20cm para cima.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10cm no sentido contrário ao novo encontro.



Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.

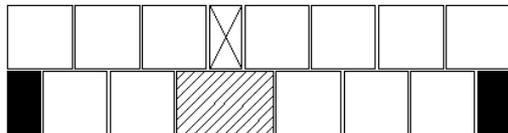


Fonte: Elaborada pelo autor.

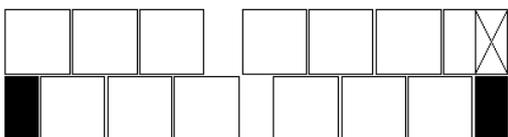
APÊNDICE M – Conjunto de testes do padrão R1T1ExR1

Teste 01 – R1T1ExR1.

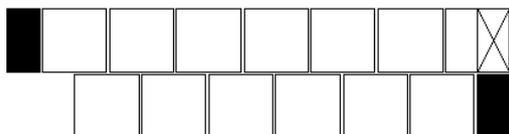
Momento Inicial.



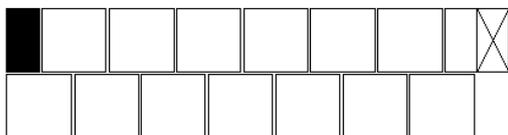
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.



Deslocamento de um bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no ponto extremo oposto do encontro, 20cm para cima.



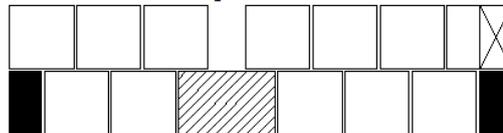
Eliminação de do bloco de 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com encontro.



Deslocamento de todos blocos pares de 2M 10cm em direção ao lado contrário do encontro final.



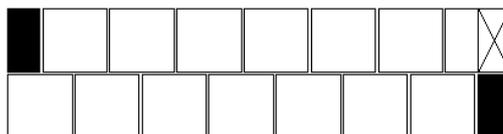
Deslocamento da parede Lc sobre X1.



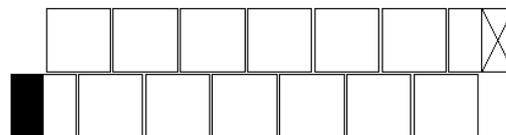
Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado contrário ao deslocamento, 10cm no sentido do encontro final.



Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar localizada no extremo oposto do encontro.



Deslocamento do bloco de 1M localizado na fiada par no extremo contrário ao ponto de encontro final 20cm para baixo.



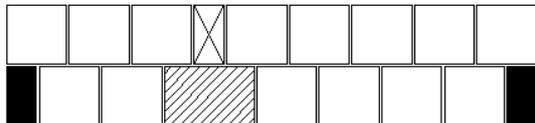
Deslocamento de todos blocos ímpares de 2M 10cm em direção ao encontro final.



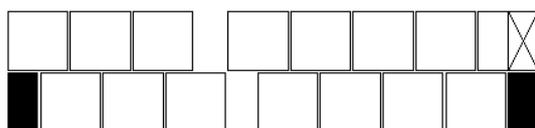
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 – R1T1ExR1.

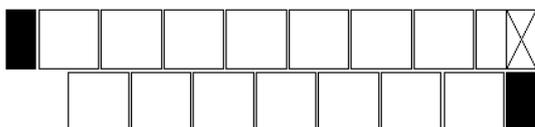
Momento Inicial.



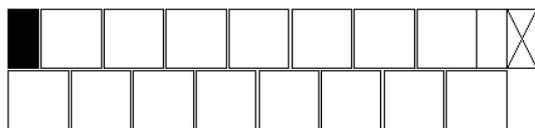
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.



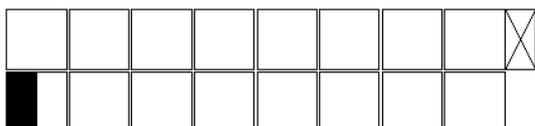
Deslocamento de um bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no ponto extremo oposto do encontro, 20cm para cima.



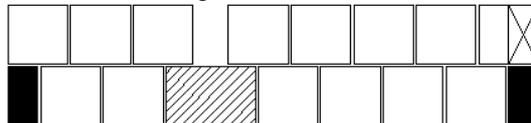
Eliminação de do bloco de 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com encontro.



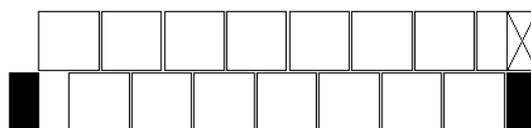
Deslocamento de todos blocos pares de 2M 10cm em direção ao lado contrário do encontro final.



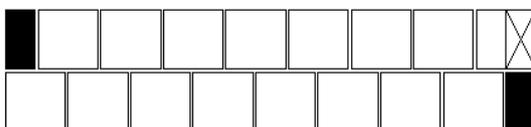
Deslocamento da parede Lc sobre X1.



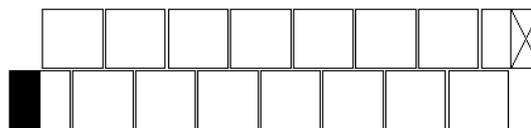
Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado contrário ao deslocamento, 10cm no sentido do encontro final.



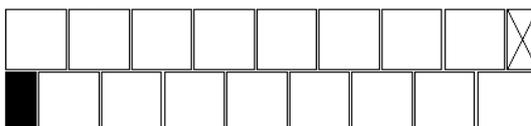
Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar localizada no extremo oposto do encontro.



Deslocamento do bloco de 1M localizado na fiada par no extremo contrário ao ponto de encontro final 20cm para baixo.



Deslocamento de todos blocos ímpares de 2M 10cm em direção ao encontro final.

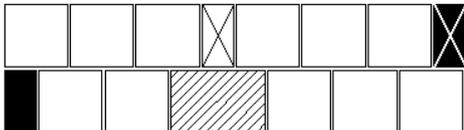


Fonte: Elaborada pelo autor.

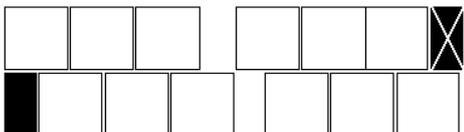
APÊNDICE N – Conjunto de testes do padrão R1T1ExR2.

Teste 01 – R1T1ExR2.

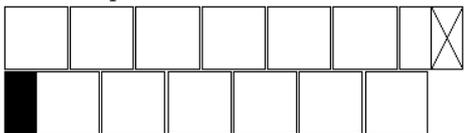
Momento Inicial.



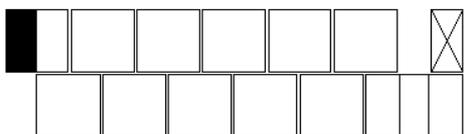
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.



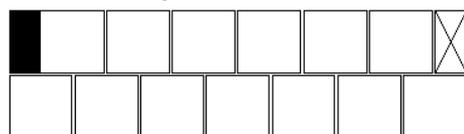
Substituição dos blocos de 1M, coincidente com o encontro por um de 2M.



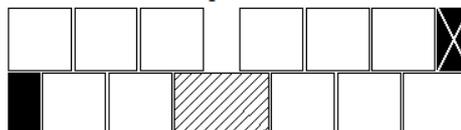
Deslocamento do do bloco de 2M localizada sobre o encontro final 20cm para baixo.



Deslocamento de todos blocos ímpares de 2M 10cm em direção contrária ao encontro final.



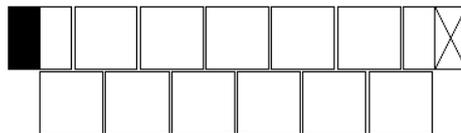
Deslocamento da parede Lc sobre X1.



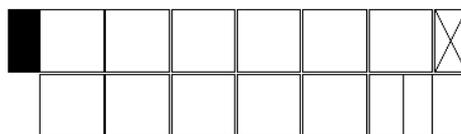
Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado a favor do deslocamento, 10cm no sentido do encontro inicial.



Deslocamento de um bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no ponto extremo oposto do encontro, 20cm para cima.



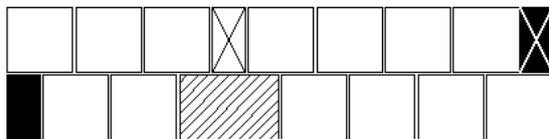
Deslocamento de todos blocos pares de 2M 10cm em direção ao encontro final.



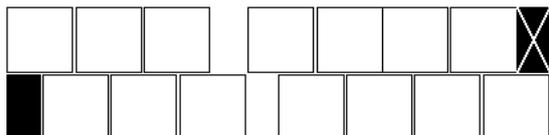
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 – R1T1ExR2.

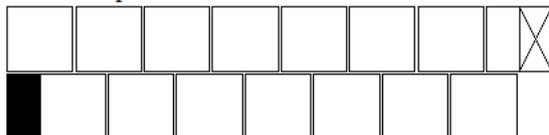
Momento Inicial.



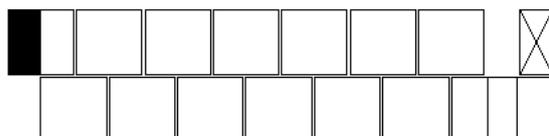
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.



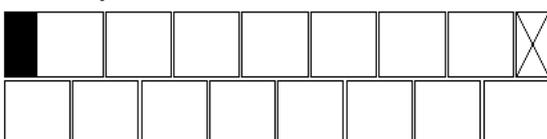
Substituição dos blocos de 1M, coincidente com o encontro por um de 2M.



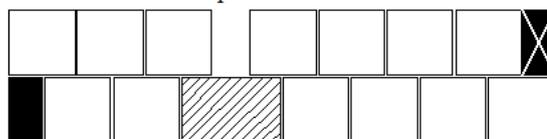
Deslocamento do do bloco de 2M localizada sobre o encontro final 20cm para baixo.



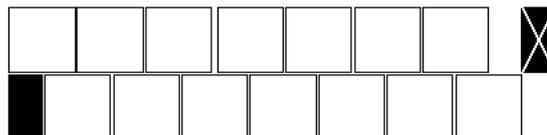
Deslocamento de todos blocos ímpares de 2M 10cm em direção contrária ao encontro final.



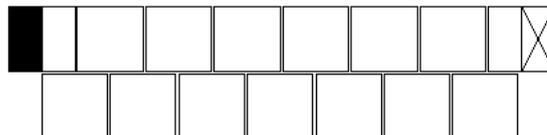
Deslocamento da parede Lc sobre X1.



Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado a favor do deslocamento, 10cm no sentido do encontro inicial.



Deslocamento de um bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no ponto extremo oposto do encontro, 20cm para cima.



Deslocamento de todos blocos pares de 2M 10cm em direção ao encontro final.

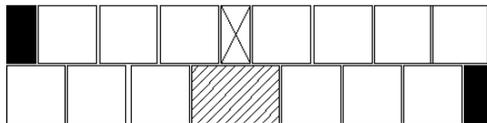


Fonte: Elaborada pelo autor.

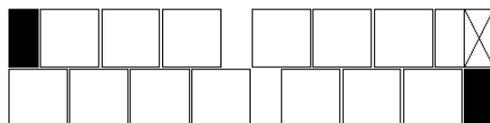
APÊNDICE O – Conjunto de testes do padrão R2T1ExR1.

Teste 01 – R2T1ExR1

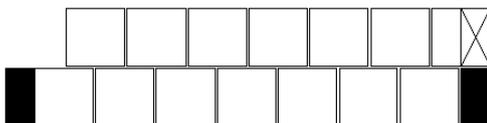
Momento Inicial.



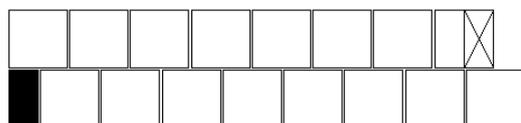
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.



Deslocamento de um bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no ponto extremo oposto do encontro, 20cm para baixo.



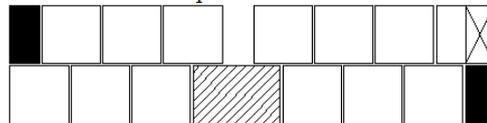
Substituição de do bloco de 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com encontro por um de 3M.



Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par no extremo contrário ao ponto do encontro final.



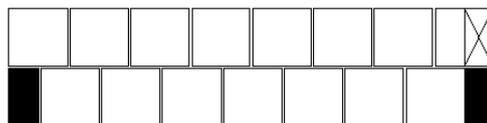
Deslocamento da parede Lc sobre X1.



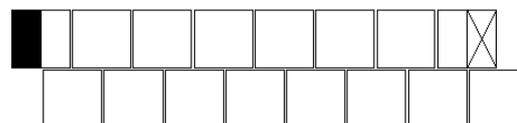
Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado contrário ao deslocamento, 10cm no sentido do encontro final.



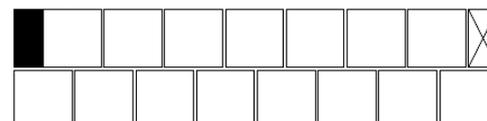
Inserção de um bloco de 2M na fiada par localizada no extremo oposto do encontro.



Deslocamento do bloco de 1M localizado na fiada ímpar no extremo contrário ao ponto de encontro final 20cm para cima.



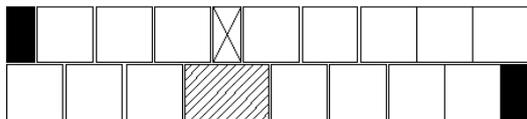
Deslocamento de todos blocos de 2M 10cm em direção ao lado contrário do encontro final.



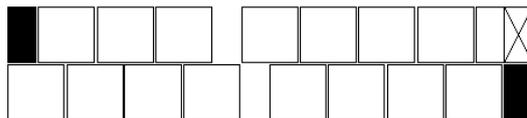
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 – R2T1ExR1.

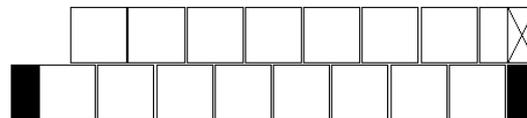
Momento Inicial.



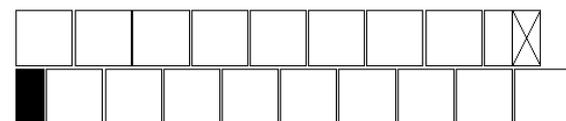
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.



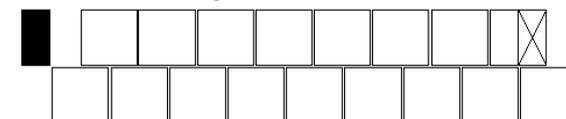
Deslocamento de um bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no ponto extremo oposto do encontro, 20cm para baixo.



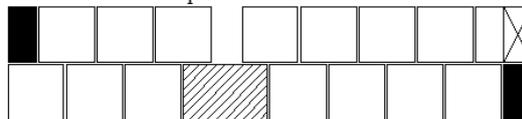
Substituição de do bloco de 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com encontro por um de 3M.



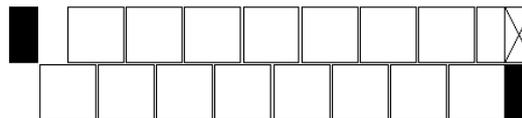
Eliminação do bloco de 2M localizado na fiada par no extremo contrário ao ponto do encontro final.



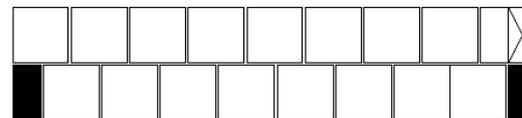
Deslocamento da parede Lc sobre X1.



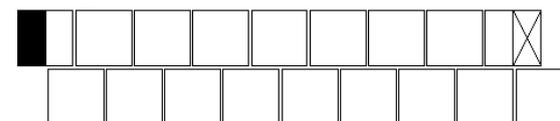
Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado contrário ao deslocamento, 10cm no sentido do encontro final.



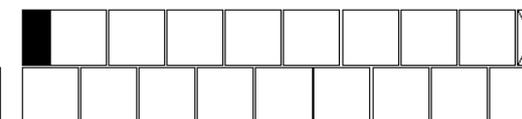
Inserção de um bloco de 2M na fiada par localizada no extremo oposto do encontro.



Deslocamento do bloco de 1M localizado na fiada ímpar no extremo contrário ao ponto de encontro final 20cm para cima.



Deslocamento de todos blocos de 2M 10cm em direção ao lado contrário do encontro final.

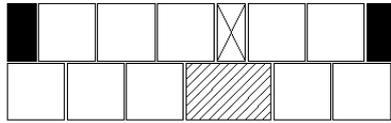


Fonte: Elaborada pelo autor.

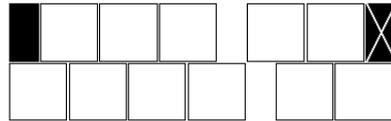
APÊNDICE P – Conjunto de testes do padrão R2T1ExR2.

Teste 01 – R2T1ExR2.

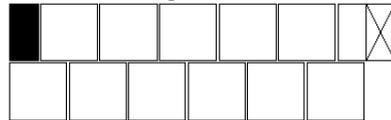
Momento Inicial.



Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.



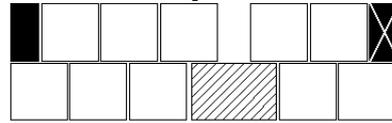
Substituição dos blocos de 1M, coincidente com o encontro por um de 2M.



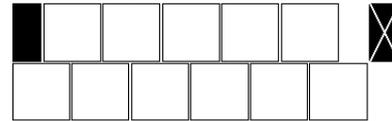
Deslocamento de todos blocos pares de 2M 10cm em direção ao lado contrário do encontro final.



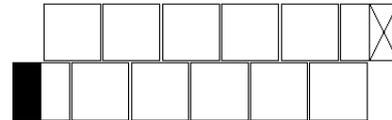
Deslocamento da parede Lc sobre X1.



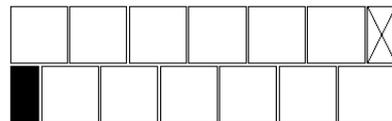
Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado a favor do deslocamento, 10cm no sentido do encontro inicial.



Deslocamento do bloco de 1M localizado na fiada par no extremo contrário ao ponto de encontro final 20cm para baixo.



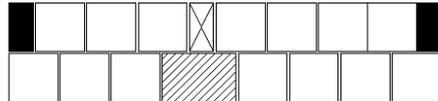
Deslocamento de todos blocos ímpares de 2M 10cm em direção ao encontro final.



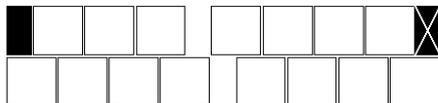
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 – R2T1ExR2

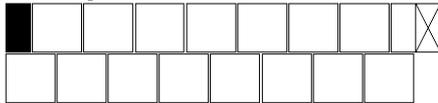
Momento Inicial.



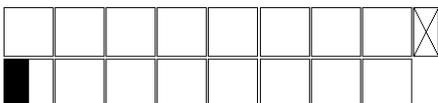
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.



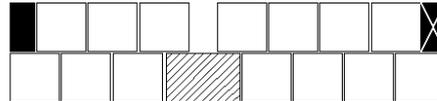
Substituição dos blocos de 1M, coincidente com o encontro por um de 2M.



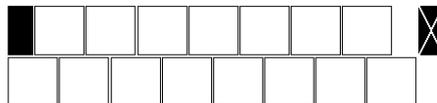
Deslocamento de todos blocos pares de 2M 10cm em direção ao lado contrário do encontro final.



Deslocamento da parede Lc sobre X1.



Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado a favor do deslocamento, 10cm no sentido do encontro inicial.



Deslocamento do bloco de 1M localizado na fiada par no extremo contrário ao ponto de encontro final 20cm para baixo.



Deslocamento de todos blocos ímpares de 2M 10cm em direção ao encontro final.

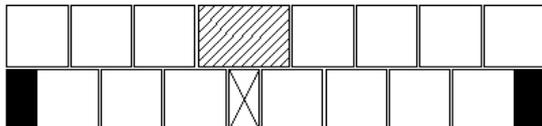


Fonte: Elaborada pelo autor.

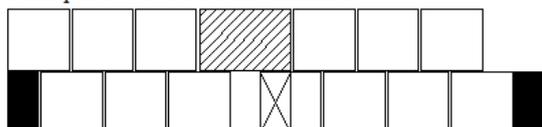
APÊNDICE Q – Conjunto de testes do padrão R1X1CeR1.

Teste 01 - R1X1CeR1.

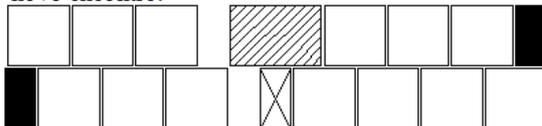
Momento Inicial.



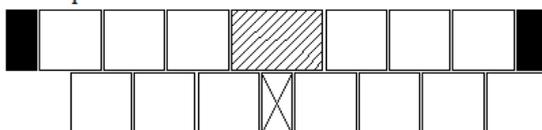
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.



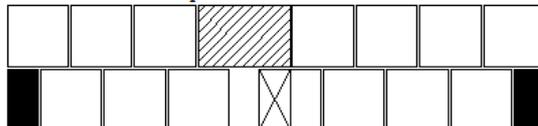
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado a favor do deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



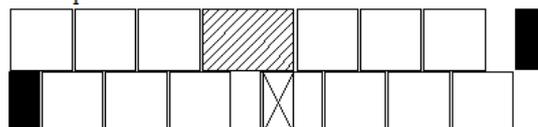
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20cm para cima.



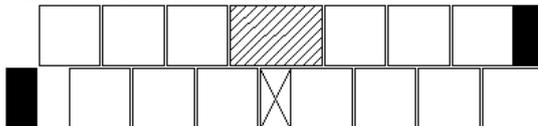
Deslocamento da parede T1 sobre X1.



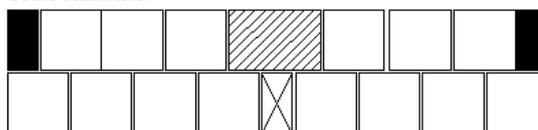
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para cima.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado contrário ao deslocamento e vizinhos a encontro inicial, 10cm no sentido do novo encontro.



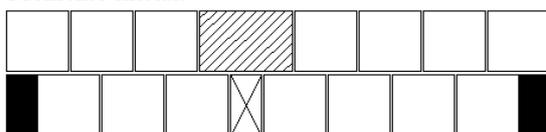
Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.



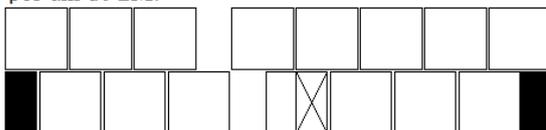
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 - R1X1CeR1.

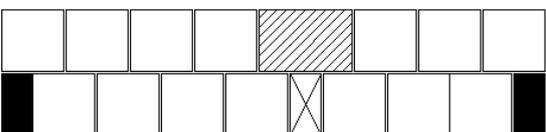
Momento Inicial.



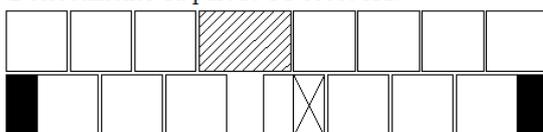
Substituição do bloco de 3M central por um de 2M.



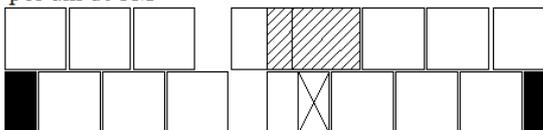
Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e o final.



Deslocamento da parede T1 sobre X1.



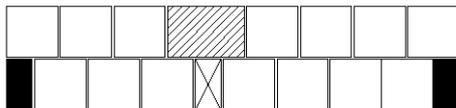
Substituição do bloco de 2M sobre o novo encontro por um de 3M.



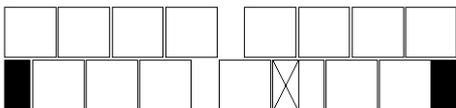
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 03 - R1X1CeR1.

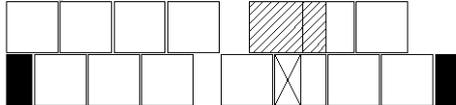
Momento Inicial.



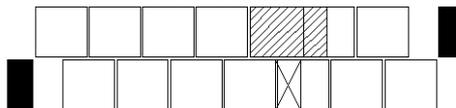
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



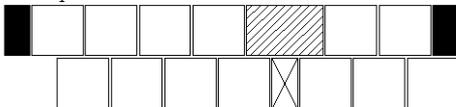
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.



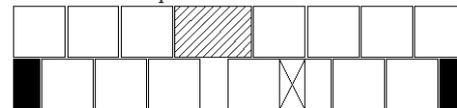
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



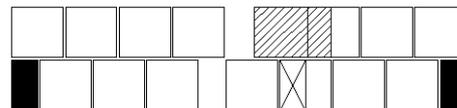
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20cm para cima.



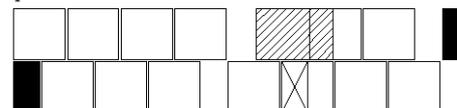
Deslocamento da parede T1 sobre X1.



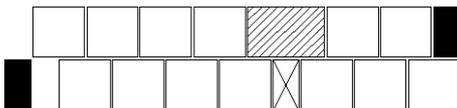
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



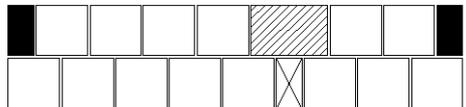
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para cima.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10cm no sentido contrário ao novo encontro.



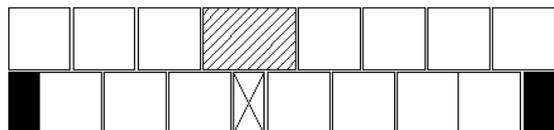
Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.



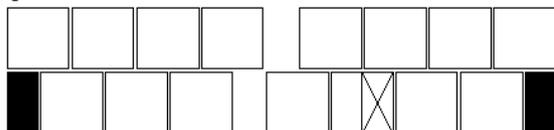
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 04 - R1X1CeR1.

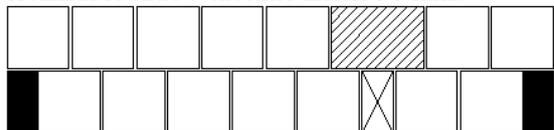
Momento Inicial.



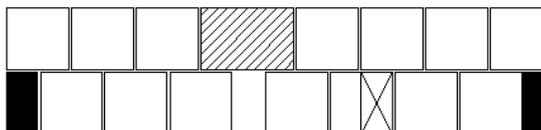
Substituição do bloco de 3M central por um de 2M.



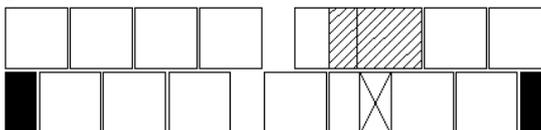
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e o final.



Deslocamento da parede T1 sobre X1.



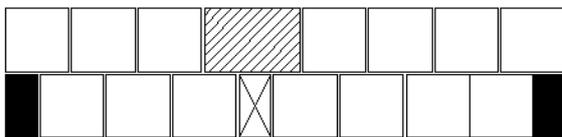
Substituição do bloco de 2M sobre o novo encontro por um de 3M



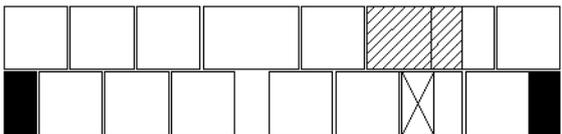
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 05 - R1X1CeR1.

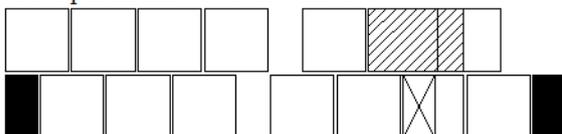
Momento Inicial.



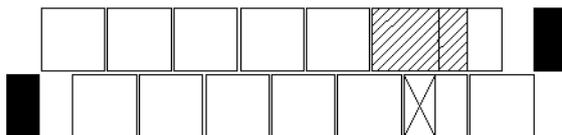
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



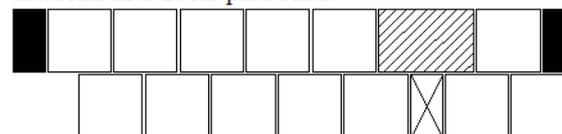
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.



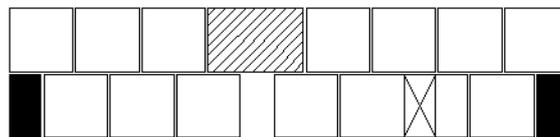
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



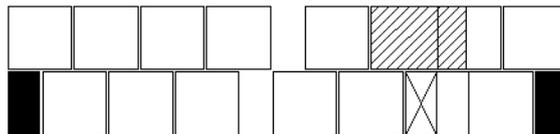
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20cm para cima.



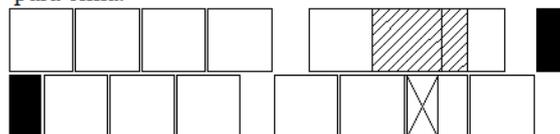
Deslocamento da parede T1 sobre X1.



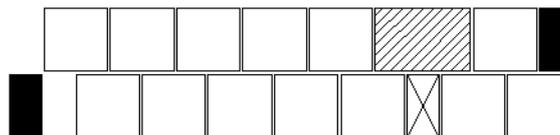
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



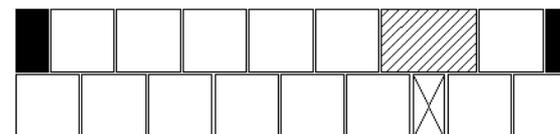
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para cima.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10cm no sentido contrário ao novo encontro.



Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.

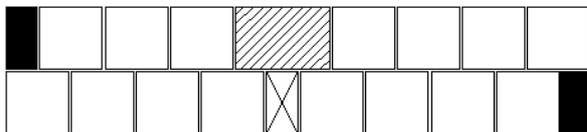


Fonte: Elaborada pelo autor.

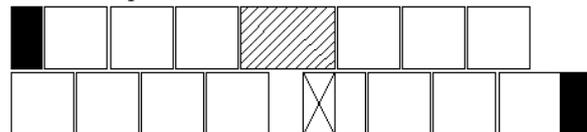
APÊNDICE R – Conjunto de testes do padrão R1X1CeR2.

Teste 01 – R1X1CeR2.

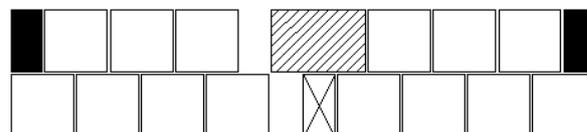
Momento Inicial.



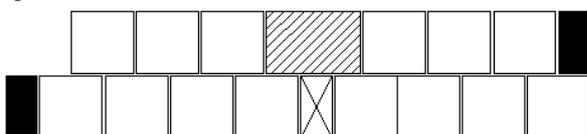
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.



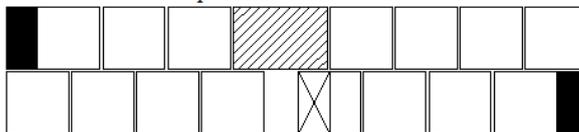
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado a favor do deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



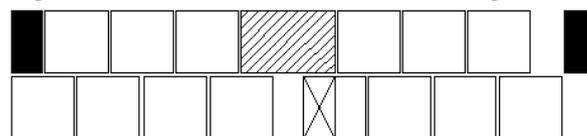
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par, no lado contrário ao deslocamento, 20cm para baixo.



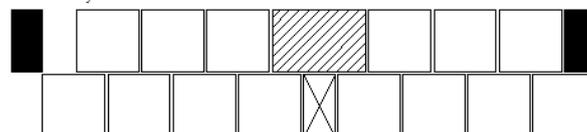
Deslocamento da parede X1 sobre T1.



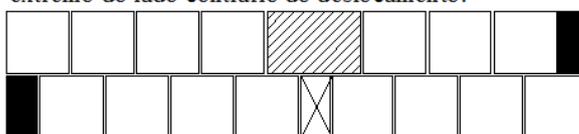
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para cima.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado contrário ao deslocamento e vizinhos a encontro inicial, 10cm no sentido do novo encontro.



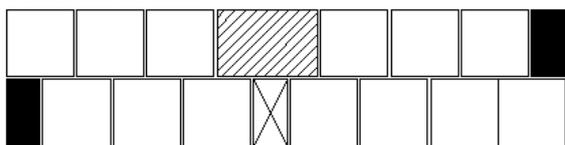
Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.



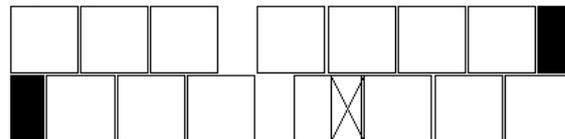
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 – R1X1CeR2.

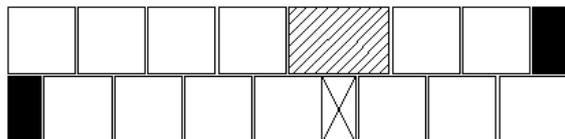
Momento Inicial.



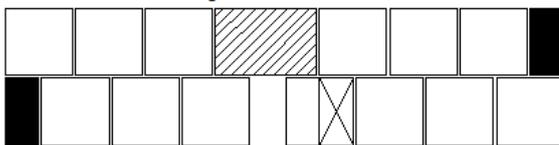
Substituição do bloco de 3M central por um de 2M.



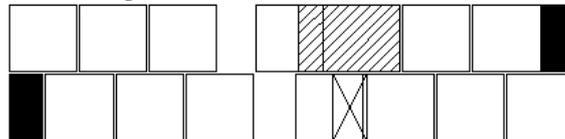
Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e o final.



Deslocamento da parede T1 sobre X1.



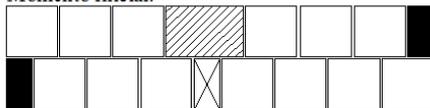
Substituição do bloco de 2M sobre o novo encontro por um de 3M.



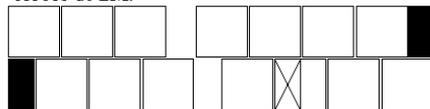
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 03 R1X1CeR2.

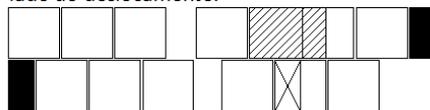
Momento Inicial.



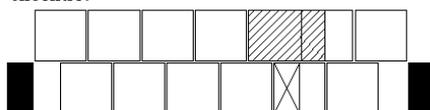
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



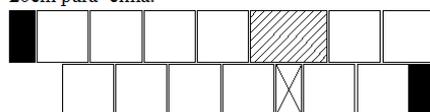
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.



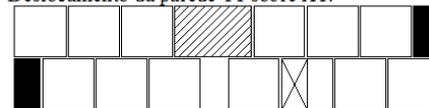
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



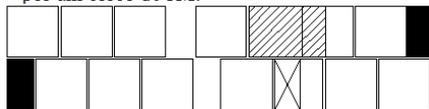
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20cm para cima.



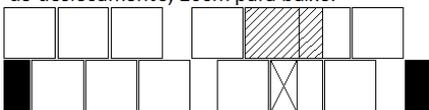
Deslocamento da parede T1 sobre X1.



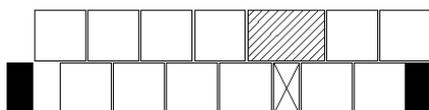
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



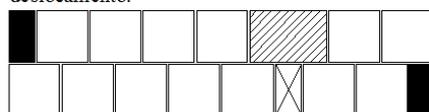
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10cm no sentido contrário ao novo encontro.



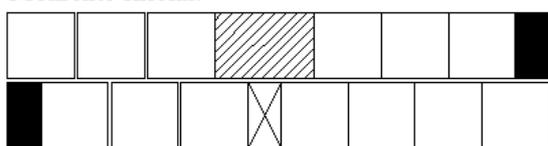
Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.



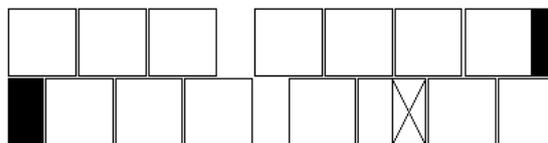
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 04 - R1X1CeR2.

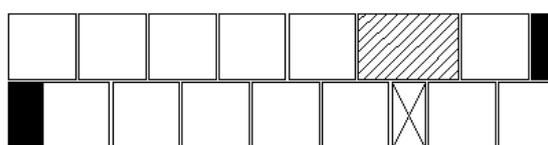
Momento Inicial.



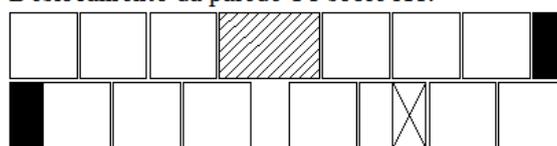
Substituição do bloco de 3M central por um de 2M.



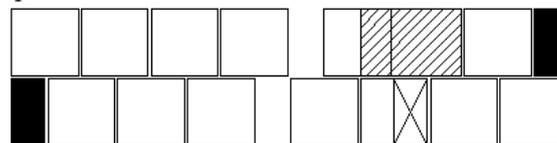
Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e o final.



Deslocamento da parede T1 sobre X1.



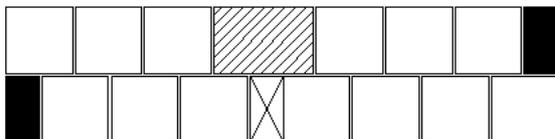
Substituição do bloco de 2M sobre o novo encontro por um de 3M



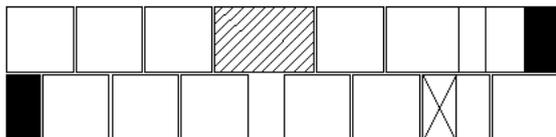
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 05 - R1X1CeR2.

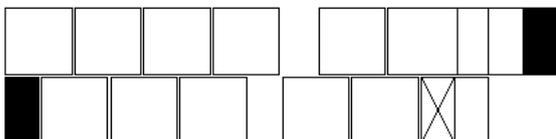
Momento Inicial.



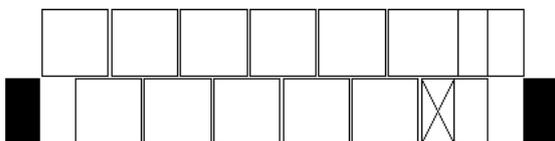
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



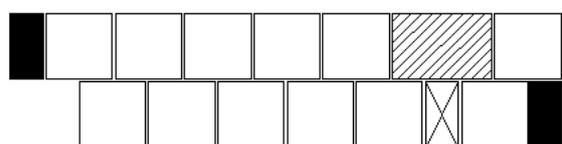
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.



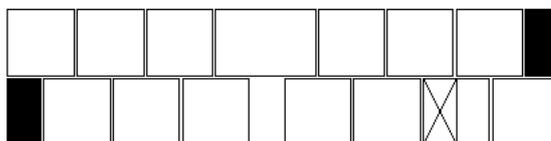
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



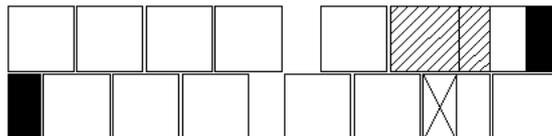
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no lado contrário ao deslocamento 20cm para cima.



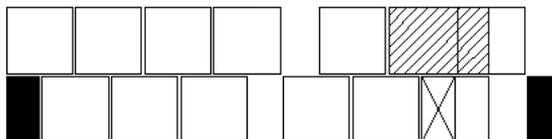
Deslocamento da parede T1 sobre X1.



Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



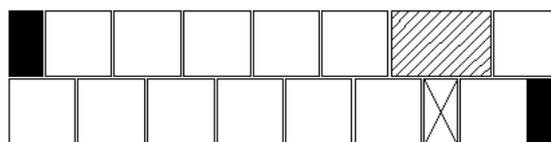
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10cm no sentido contrário ao novo encontro.



Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.

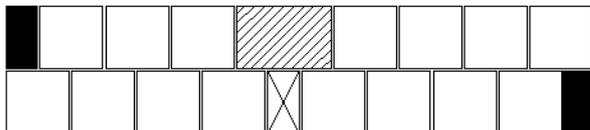


Fonte: Elaborada pelo autor.

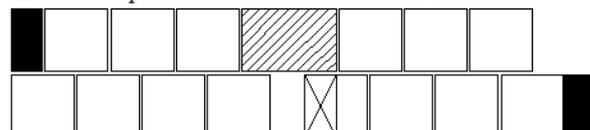
APÊNDICE S – Conjunto de testes do padrão R2X1CeR1

Teste 01 – R2X1CeR1.

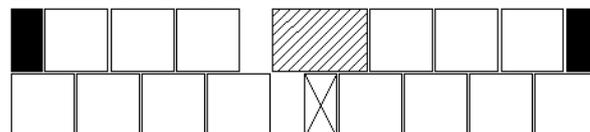
Momento Inicial.



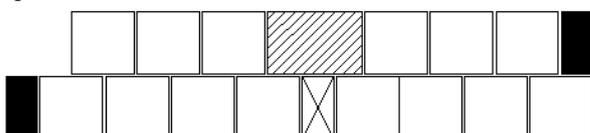
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.



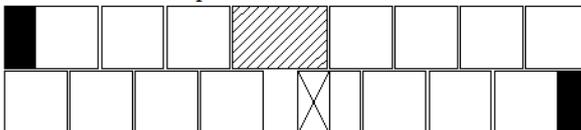
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado a favor do deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



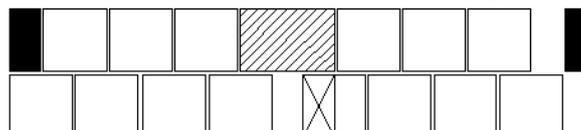
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par, no lado contrário ao deslocamento, 20cm para baixo.



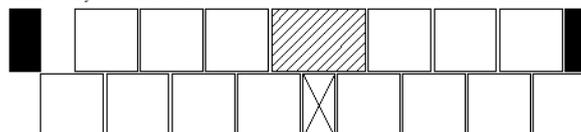
Deslocamento da parede X1 sobre T1.



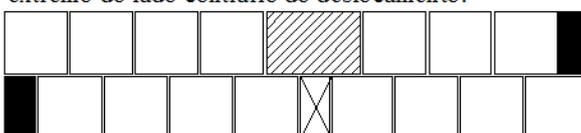
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para cima.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado contrário ao deslocamento e vizinhos a encontro inicial, 10cm no sentido do novo encontro.



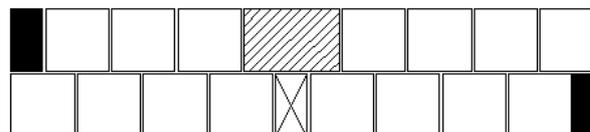
Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.



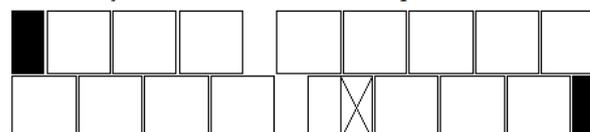
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 – R2X1CeR1.

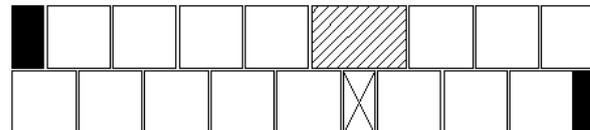
Momento Inicial.



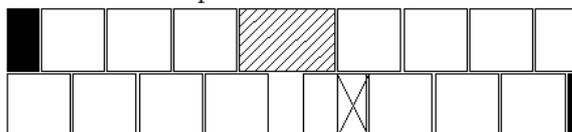
Substituição do bloco de 3M central por um de 2M.



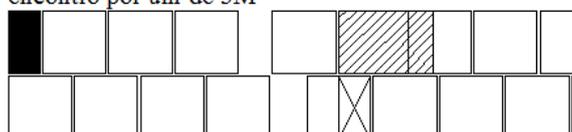
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e o final.



Deslocamento da parede T1 sobre X1.



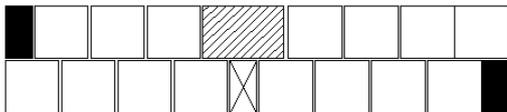
Substituição do bloco de 2M sobre o novo encontro por um de 3M.



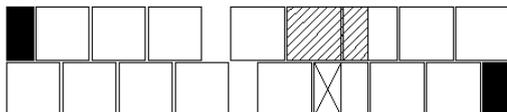
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 03 – R2X1CeR1.

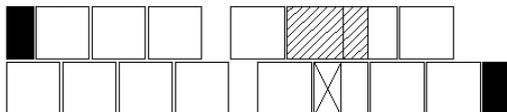
Momento Inicial.



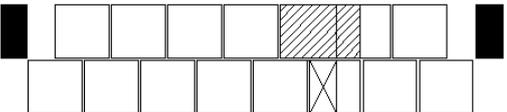
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



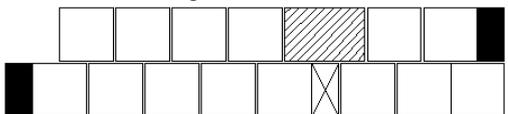
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada par no lado do deslocamento.



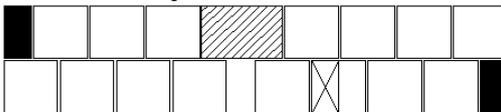
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



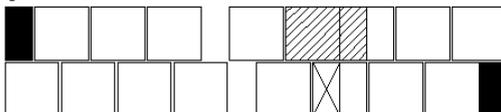
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20cm para baixo.



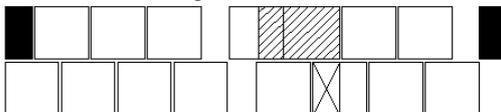
Deslocamento da parede T1 sobre X1.



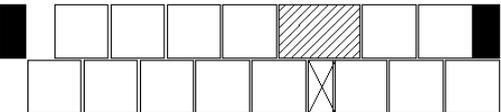
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



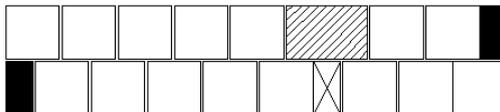
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada par no lado a favor do deslocamento, 20cm para cima.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10cm no sentido contrário ao novo encontro.



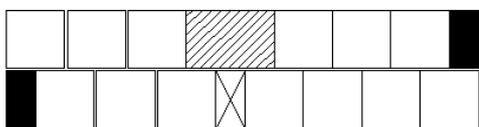
Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.



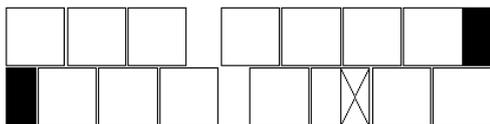
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 04 – R2X1CeR1.

Momento Inicial.



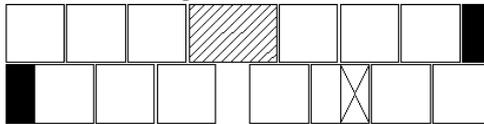
Substituição do bloco de 3M central por um de 2M.



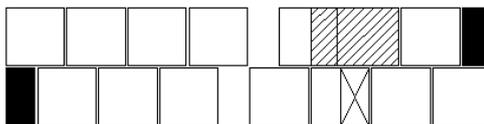
Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e o final.



Deslocamento da parede T1 sobre X1.



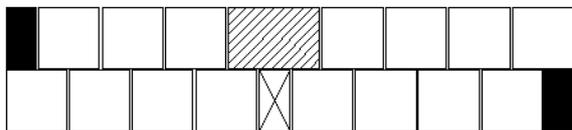
Substituição do bloco de 2M sobre o novo encontro por um de 3M



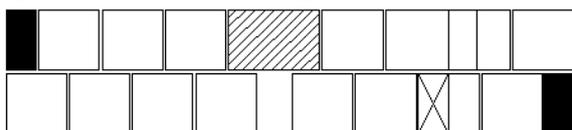
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 05 – R2X1CeR1.

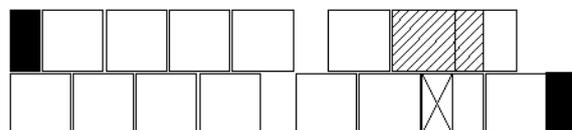
Momento Inicial.



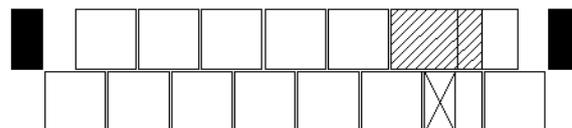
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



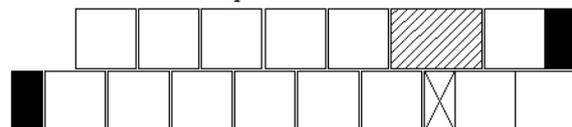
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.



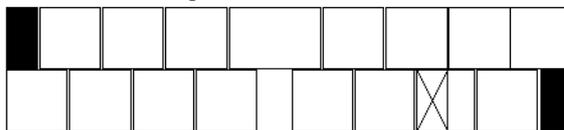
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



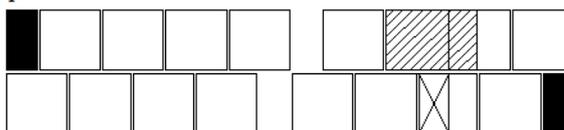
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20cm para baixo.



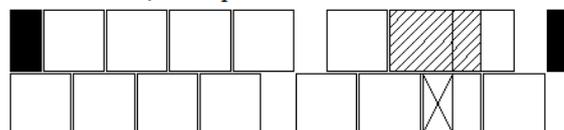
Deslocamento da parede T1 sobre X1.



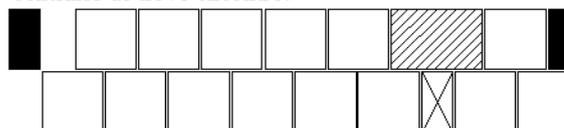
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



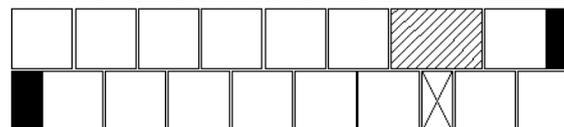
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada par no lado a favor do deslocamento, 20cm para cima.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10cm no sentido contrário ao novo encontro.



Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.

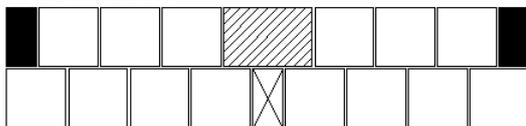


Fonte: Elaborada pelo autor.

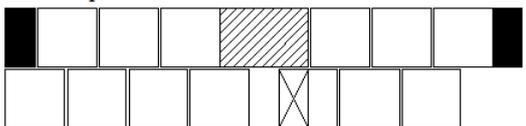
APÊNDICE T – Conjunto de testes do padrão R2X1CeR2.

Teste 01 – R2X1CeR2.

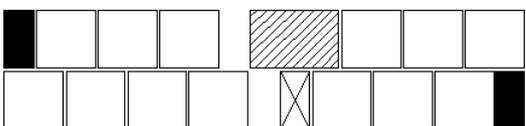
Momento Inicial.



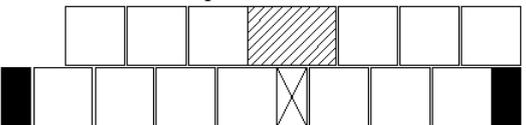
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.



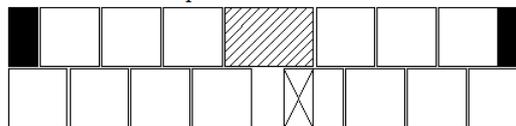
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado a favor do deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



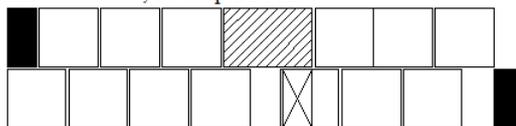
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20cm para baixo.



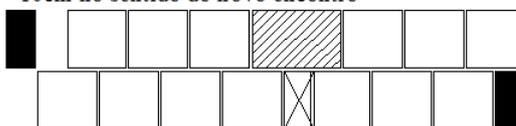
Deslocamento da parede X1 sobre T1.



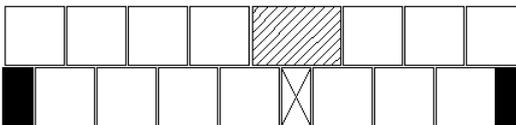
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada par no lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado contrário ao deslocamento e vizinhos a encontro inicial, 10cm no sentido do novo encontro.



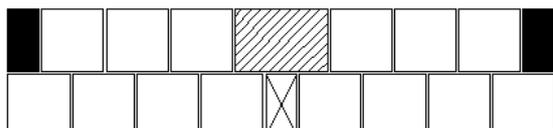
Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário do deslocamento.



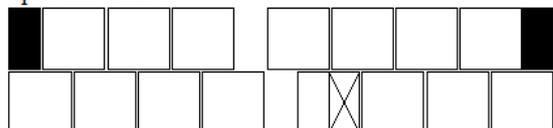
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 – R2X1CeR2

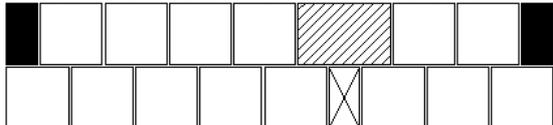
Momento Inicial.



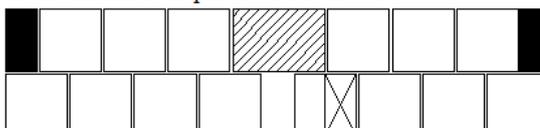
Substituição do bloco de 3M central por um de 2M.



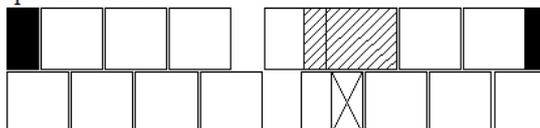
Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e o final.



Deslocamento da parede T1 sobre X1.



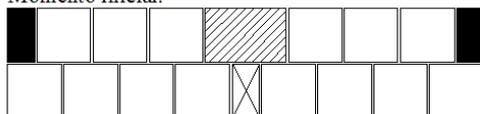
Substituição do bloco de 2M sobre o novo encontro por um de 3M



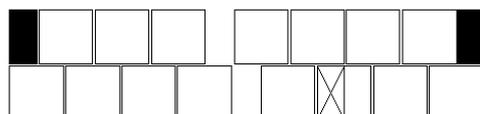
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 03 – R2X1CeR2.

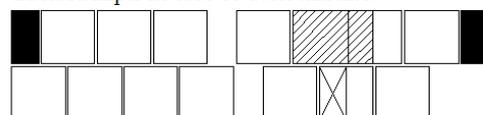
Momento Inicial.



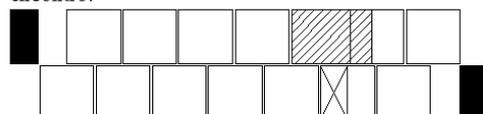
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



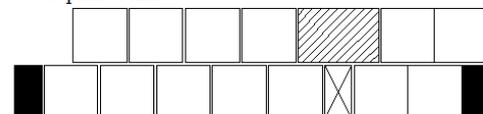
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.



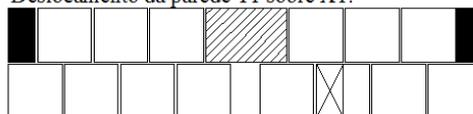
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



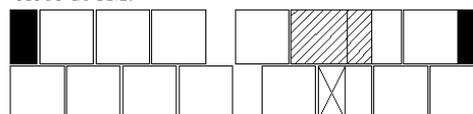
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20cm para baixo.



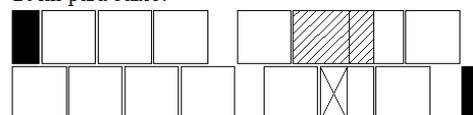
Deslocamento da parede T1 sobre X1.



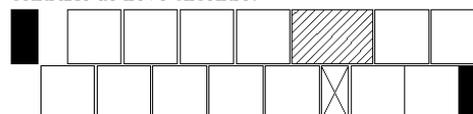
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



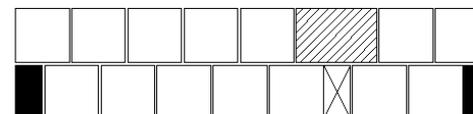
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10cm no sentido contrário ao novo encontro.



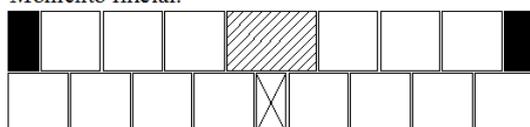
Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.



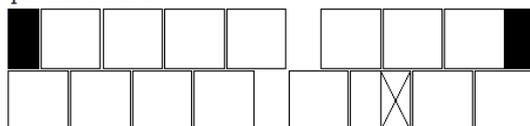
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 04 – R2X1CeR2

Momento Inicial.



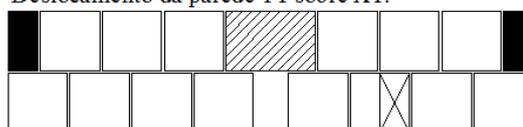
Substituição do bloco de 3M central por um de 2M.



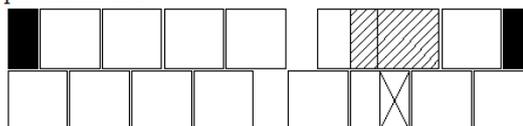
Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados entre o encontro inicial e o final.



Deslocamento da parede T1 sobre X1.



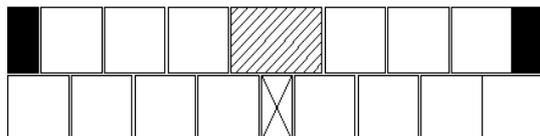
Substituição do bloco de 2M sobre o novo encontro por um de 3M



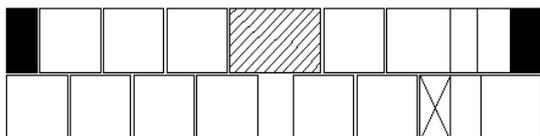
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 05 – R2X1CeR2.

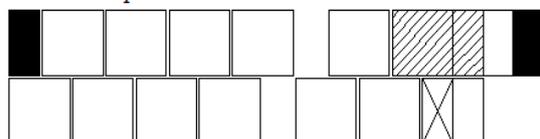
Momento Inicial.



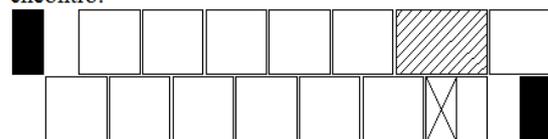
Substituição do bloco de 3M, localizado na fiada par sobre o encontro inicial, por blocos de 2M.



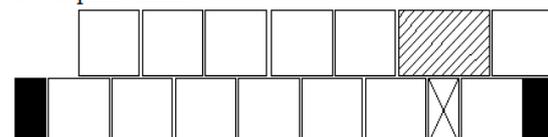
Eliminação do último bloco de 2M, localizado na fiada ímpar no lado do deslocamento.



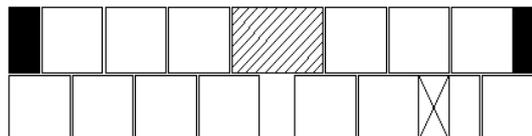
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados do lado contrário ao deslocamento ou sobre o encontro, 10cm no sentido do novo encontro.



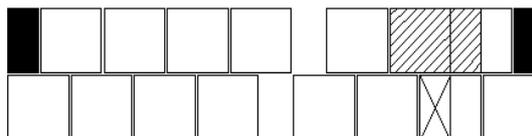
Deslocamento do último bloco de 1M, localizado na fiada par no lado contrário ao deslocamento 20cm para baixo.



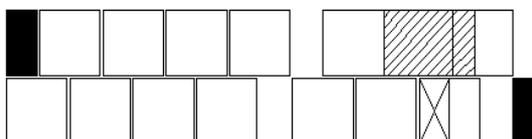
Deslocamento da parede T 1 sobre X1.



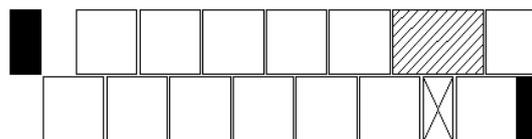
Substituição do bloco de 2M, localizado na fiada par e coincidente com o encontro final, por um bloco de 3M.



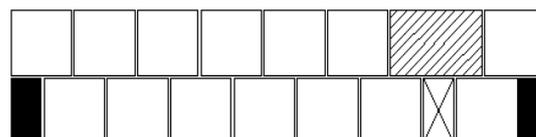
Deslocamento do último bloco de 1M localizado na fiada ímpar no lado a favor do deslocamento, 20cm para baixo.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados no lado a favor do deslocamento e vizinhos a encontro final, 10cm no sentido contrário ao novo encontro.



Inserção de um bloco de 2M na fiada par no ponto extremo do lado contrário ao deslocamento.

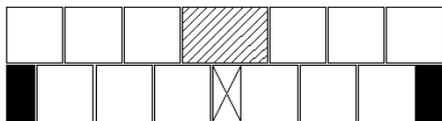


Fonte: Elaborada pelo autor.

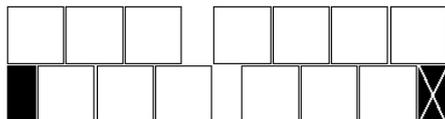
APÊNDICE U – Conjunto de testes do padrão R1X1ExR1.

Teste 01 - R1X1ExR1

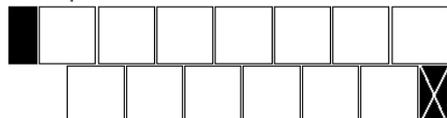
Momento Inicial.



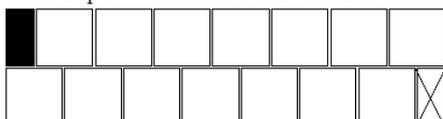
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.



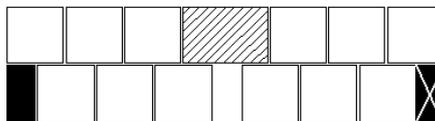
Deslocamento de um bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no ponto extremo oposto do encontro, 20cm para cima.



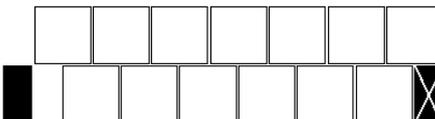
Eliminação de do bloco de 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com encontro.



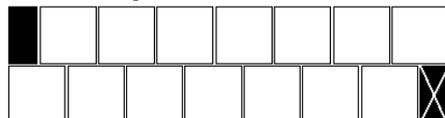
Deslocamento da parede T1 sobre X1.



Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado contrário ao deslocamento, 10cm no sentido do encontro final.



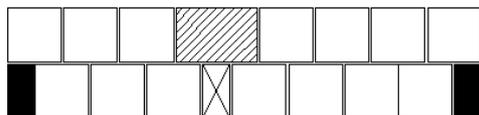
Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar localizada no extremo oposto do encontro.



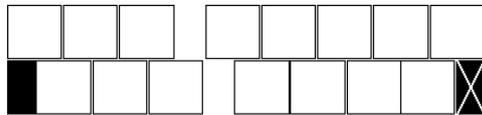
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 - R1X1ExR1

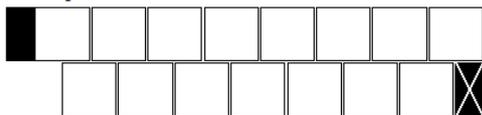
Momento Inicial.



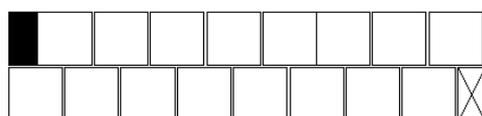
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.



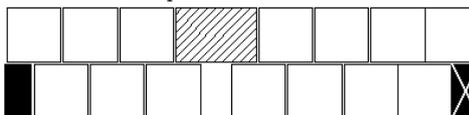
Deslocamento de um bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no ponto extremo oposto do encontro, 20cm para cima.



Eliminação de do bloco de 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com encontro.



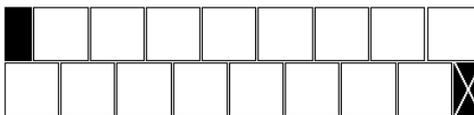
Deslocamento da parede T1 sobre X1.



Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado contrário ao deslocamento, 10cm no sentido do encontro final.



Inserção de um bloco de 2M na fiada ímpar localizada no extremo oposto do encontro.

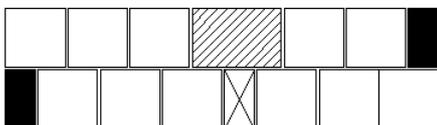


Fonte: Elaborada pelo autor.

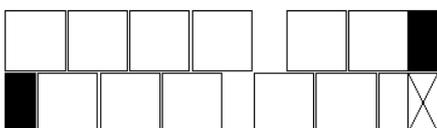
APÊNDICE V – Conjunto de testes do padrão R1X1ExR2.

Teste 01 - R1X1ExR2.

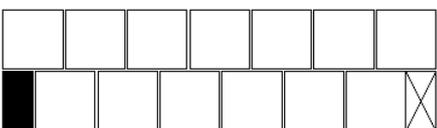
Momento Inicial.



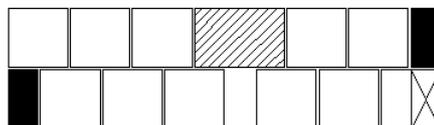
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.



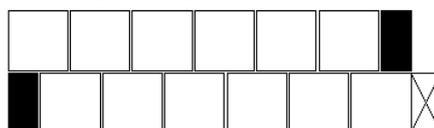
Substituição dos blocos de 1M por um de 2M



Deslocamento da parede T1 sobre X1.



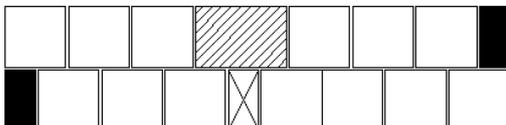
Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado a favor do deslocamento, 10cm no sentido do encontro inicial.



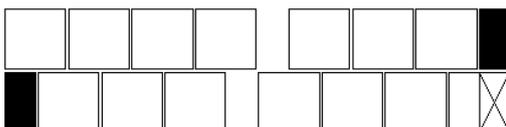
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 - R1X1ExR2

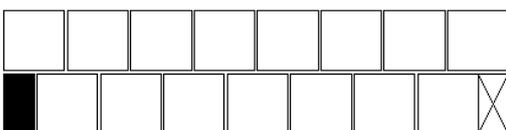
Momento Inicial.



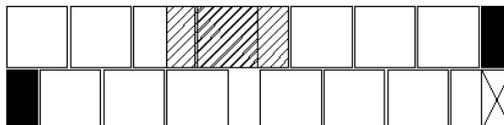
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.



Substituição dos blocos de 1M por um de 2M



Deslocamento da parede T1 sobre X1.



Deslocamento de todos os blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado a favor do deslocamento, 10cm no sentido do encontro inicial.

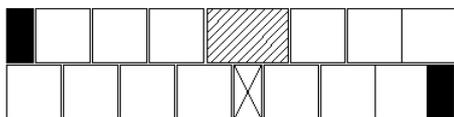


Fonte: Elaborada pelo autor.

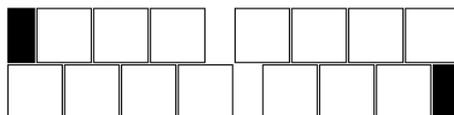
APÊNDICE W – Conjunto de testes do padrão R2X1ExR1.

Teste 01 – R2X1ExR1.

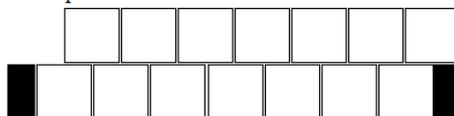
Momento Inicial.



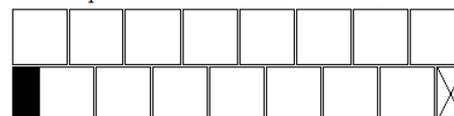
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.



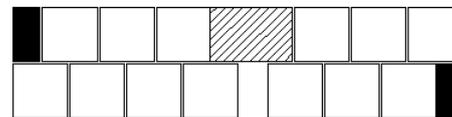
Deslocamento de um bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no ponto extremo oposto do encontro, 20cm para baixo.



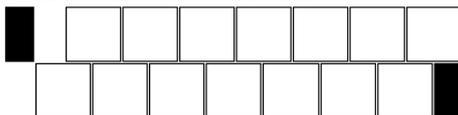
Eliminação de do bloco de 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com encontro.



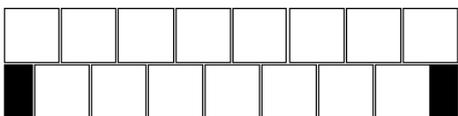
Deslocamento da parede T1 sobre X1.



Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado contrário ao deslocamento 10cm no sentido do encontro final.



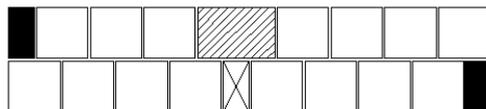
Inserção de um bloco de 2M na fiada par localizada no extremo oposto do encontro.



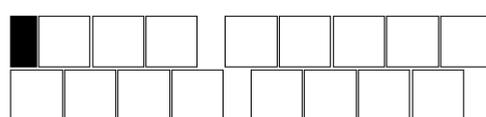
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 – R2X1ExR1.

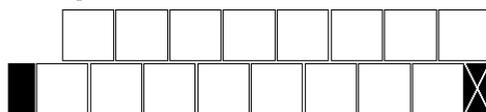
Momento Inicial.



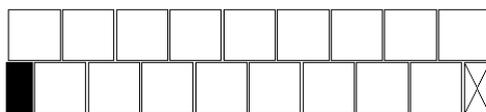
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.



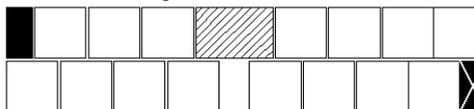
Deslocamento de um bloco de 1M, localizado na fiada ímpar no ponto extremo oposto do encontro, 20cm para baixo.



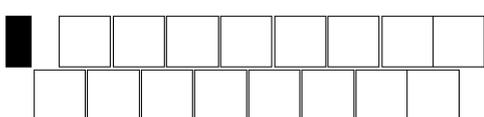
Eliminação de do bloco de 1M localizado na fiada ímpar e coincidente com encontro.



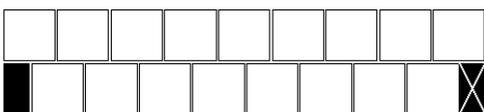
Deslocamento da parede T1 sobre X1.



Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado contrário ao deslocamento, 10cm no sentido do encontro final.



Inserção de um bloco de 2M na fiada par localizada no extremo oposto do encontro.

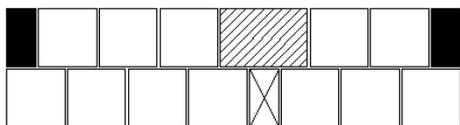


Fonte: Elaborada pelo autor.

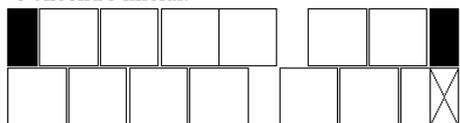
APÊNDICE X – Conjunto de testes do padrão R2X1ExR2.

Teste 01 – R2X1ExR2.

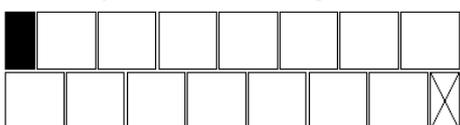
Momento Inicial.



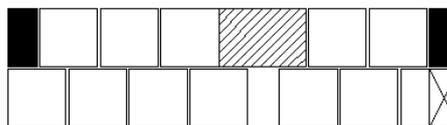
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.



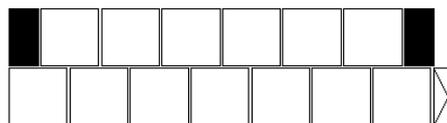
Substituição dos blocos de 1M por um de 2M



Deslocamento da parede T1 sobre X1.



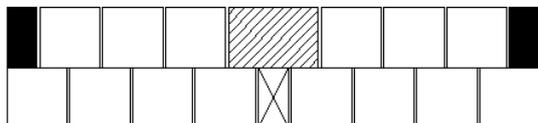
Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado a favor do deslocamento, 10cm no sentido do encontro inicial.



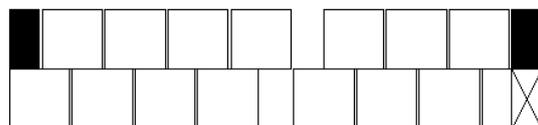
Fonte: Elaborada pelo autor.

Teste 02 – R2X1ExR2.

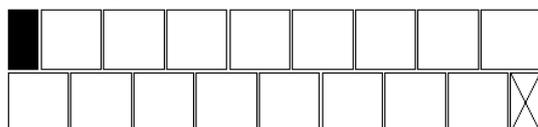
Momento Inicial.



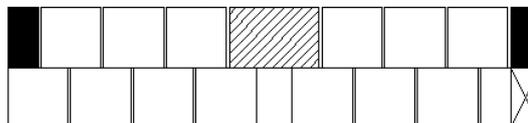
Substituição do bloco de 3M, localizado sobre o encontro inicial.



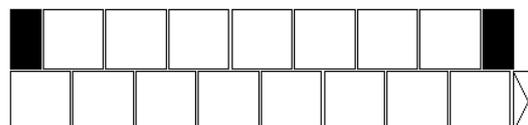
Substituição dos blocos de 1M por um de 2M



Deslocamento da parede T1 sobre X1.



Deslocamento de todos dos blocos de 2M, localizados após o bloco de 3M do lado a favor do deslocamento, 10cm no sentido do encontro inicial.



Fonte: Elaborada pelo autor.