



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE COMPARATIVA DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO
AMARRADAS COM ARAME RECOZIDO E ARMADURAS SOLDADAS
COM SOLDA MIG**

Ezequiel Simonetti

Lajeado, julho de 2021

Ezequiel Simonetti

**ANÁLISE COMPARATIVA DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO
AMARRADAS COM ARAME RECOZIDO E ARMADURAS SOLDADAS
COM SOLDA MIG**

Projeto de monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa Ma. Débora Pedroso Righi
Köhler

Lajeado, julho de 2021

Ezequiel Simonetti

**ANÁLISE COMPARATIVA DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO
AMARRADAS COM ARAME RECOZIDO E ARMADURAS SOLDADAS
COM SOLDA MIG**

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão II, do curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil:

Profa Ma. Débora Pedroso Righi Köhler
Universidade do Vale do Taquari – Univates

Prof. Me Douglas Ferreira Velho
Universidade do Vale do Taquari – Univates

Eng^a Civil Bruna Horta Bastos Kuffner
Doutora em Engenharia de Materiais – Unifei

Lajeado, 01 julho de 2021

AGRADECIMENTO

Primeiramente, agradeço a Deus, por ter me dado o dom de viver, além de me acompanhar durante toda essa caminhada, sendo meu sustento e meu guia.

Aos meus pais, Jandir Simonetti e Mara Teresinha Ledur Simonetti, eu agradeço por me proporcionarem e tornarem este momento possível. Agradeço pelos ensinamentos e pelos valores que vocês me ensinaram a acreditar, sendo a minha base, obrigado pelo amor, pela educação, respeito e carinho, pelo apoio em todos os momentos e por terem me acompanhado em todo o meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço a minha noiva, Amanda Luiza Carniel, por me acompanhar desde os primeiros desafios da graduação, até este momento, agradeço pela paciência, compreensão, conselhos, incentivos e pelo apoio incondicional.

As minhas irmãs, Eveline Simonetti e Bárbara Luísa Simonetti, pela ajuda, pelos conselhos, dicas e apoio durante este processo, por terem me alegrado nos momentos que mais precisei, sendo minhas inspirações.

Ao amigo, colega e agora engenheiro civil, Rafael Natan Duarte de Vargas, pela ajuda, pelos conselhos e dicas durante toda a minha graduação.

A minha orientadora Débora Righi Köhler, pela dedicação, conselhos e puxões de orelha, você foi parte fundamental na realização do meu trabalho, agradeço você por me ouvir quando mais precisei e pelos conhecimentos trocados.

Ao amigo Jonas Haas, por me apoiar e incentivar constantemente pela busca de conhecimentos, além da ajuda e compreensão nos momentos que precisei me ausentar e conversar. Agradeço a você por ser um exemplo de pessoa e de profissional. Aos colegas, Gustavo e Cassiana, pelo companheirismo, compreensão e incentivos durante este processo da minha vida. Obrigado.

Agradeço às empresas Ferros Castro e Sulnox, pela doação dos materiais e mão de obra, para a realização das amostras do meu trabalho.

Aos demais familiares e amigos que contribuíram, de uma forma ou de outra, para a conclusão desta etapa da minha vida, meu muito obrigado.

Aos professores, colegas e funcionários da Univates e do LATEC, meu muito obrigado pelos conhecimentos e por todos os momentos que vivi neste período. Agradeço a coordenação do curso por todo o aporte e ajuda durante a graduação.

RESUMO

O ramo da construção civil vem passando por um período de inovações tecnológicas, que entraram no mercado para modernizar os sistemas construtivos atuais. Novos materiais, processos e tecnologias surgem a cada dia, visando resolver melhor e mais rapidamente os problemas que surgem no canteiro de obras, além de agregar ao mesmo, maior produtividade e menor desperdício. Muitas destas novas tecnologias não são tão difundidas nos canteiros de obras, tão pouco, se tem estudos e pesquisas sobre as mesmas. Neste contexto, a presente pesquisa buscou avaliar dois métodos diferentes (soldado e amarrado) de fixação dos estribos em armaduras de concreto armado com diferentes classes de resistência do concreto. A partir da realização da avaliação mecânica das estruturas, através dos ensaios de flexão a 4 pontos e de resistência à compressão, além de uma análise qualitativa do plano de ruptura das vigas, foi possível perceber que a utilização do arame recozido se sobressaiu em relação a solda, tendo um acréscimo de resistência no traço de 25 MPa de 5,94% em relação a solda. Já no traço de 35 MPa, este acréscimo foi de 0,27% em relação a solda. Outro fator observado é que as vigas que foram amarradas com solda permitiram um maior deslocamento da estrutura durante o seu processo de rompimento.

Palavras-chave: Concreto armado; Estribos. Soldado. Amarrado.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
1.1 Problema de pesquisa	6
1.2 Objetivos	6
1.2.1 Objetivo geral	6
1.2.2 Objetivos específicos	6
1.3 Justificativa da pesquisa	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 Estruturas de concreto armado	10
2.1.1 Armaduras	11
2.1.2 Aderência do concreto com o aço	14
2.2 Processo de montagem de armaduras para elementos de concreto armado	17
2.2.1 Montagem de armaduras com arame recozido	18
2.2.2 Montagem de armaduras com solda MIG	19
3 PROGRAMA EXPERIMENTAL	22
3.1 Estratégia de pesquisa	22
3.2 Materiais	23
3.2.1 Cimento	23
3.2.2 Agregado miúdo	23
3.2.3 Agregado graúdo	25
3.2.5 Armadura	27
3.3 Produção das armaduras	28
3.3.1 Armadura amarrada com arame recozido	28
3.3.2 Armadura soldada com solda MIG	29
3.4 Dosagem do concreto	30
3.5 Ensaios	32
3.5.1 Ensaio de flexão à 4 pontos	32

3.5.2 Ensaio de resistência à compressão	33
3.5.3 Análise qualitativa	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
5.1 Conclusões	48
5.2 Sugestões para trabalhos futuros	49
6 REFERÊNCIAS	50
APÊNDICE A - Tabela com os resultados obtidos no ensaio de resistência à flexão	54

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico está cada vez mais presente nas mais diversas áreas que constituem a economia brasileira. Porém, em alguns setores esse cenário não é tão recorrente, sendo o caso da construção civil. Este setor representa uma quota significativa do PIB brasileiro. Mesmo assim, continua recorrendo a técnicas rudimentares e artesanais, o que faz com que se eleve o volume de resíduos e perdas, além de frear a produtividade do canteiro de obra (CEOTTO, 2005).

Segundo Fraccari et al. (2004), a implantação de novas tecnologias proporcionam à construção civil uma mudança em suas concepções de construção. Este processo vem para mudar o perfil da construção e também do profissional, iniciando um processo de mudança no trabalho, tanto em questões de conhecimentos, treinamentos, organização e investimentos.

O setor da construção civil está em processo de inovação contínua. Novos materiais, processos e tecnologias surgem a cada dia, visando resolver melhor e mais rapidamente os problemas que surgem no canteiro de obras. Conforme Lino (2005), esse setor está seguindo uma trajetória de industrialização dos seus processos, disseminando em certos casos, os processos rústicos presentes nas obras de hoje em dia. Para tal, se tornou imprescindível romper as barreiras existentes permitindo assim, um controle mais preciso de execução e de produção.

As estruturas de concreto armado estão sendo cada vez mais utilizadas no campo da construção civil. O crescimento desse método construtivo se deve à facilidade de execução,

disponibilidade de materiais e maior controle do processo de execução, podendo ser encontrado nos mais diversos tipos de utilização (LIMA et al, 2014).

A construção civil está em constante processo de inovação. Novos materiais, inovações nos processos e tecnologias surgem a cada dia, propondo-se a resolver melhor e mais rápido as questões que se apresentam nos canteiros de obras. A competitividade do mercado da construção civil está fazendo com que as construtoras reduzam os valores dos seus empreendimentos e o prazo de suas entregas. Esse fator impacta de forma direta nas despesas do empreendimento, fazendo-se necessário um controle preciso dos gastos de cada etapa, além da produtividade de seu canteiro de obra (COSTA, 2011).

Spech (2018), diz que o uso de materiais de origem industrial na construção civil, como as armaduras soldadas, estão sendo cada vez mais empregados nos canteiros de obras, graças aos esforços e os novos conhecimentos dos engenheiros, construtores e demais profissionais da área. O autor sintetiza que ainda existe certo receio por parte de alguns profissionais, visto que a implantação deste novo método de execução foge completamente do método tradicional largamente empregado nas obras.

Um dos principais desafios das construtoras nos dias atuais é superar o cronograma apertado das obras. Esse fator faz com que a busca por novas tecnologias e métodos construtivos aumente, visto que a necessidade de tornar o processo mais prático e rápido, aumentou. Silva (2003), diz que o uso de armaduras, oriundas da industrialização do aço, demanda menos mão de obra, gerando economia, além de diminuir o desperdício de materiais, o que acaba implicando em um aumento gradativo da qualidade e da rapidez de execução do projeto.

A indústria da construção civil, tem sido tratada como a indústria mais defasada nas questões tecnológicas, se comparada aos outros ramos da indústria. Essa definição é fundamentada no cenário atual dos canteiros de obras, ficando cada vez mais saliente a baixa produtividade, baixo controle de qualidade, o elevado desperdício de materiais e a lentidão do setor (EL DEBS, 2017).

Nesse contexto, o presente estudo terá por objetivo, analisar o comportamento de vigas de concreto armado, executadas por dois diferentes métodos de amarração: armaduras amarradas com arame recozido e armaduras soldadas. Este estudo irá delinear se o uso de algum dos métodos se sobressai em relação ao outro.

1.1 Problema de pesquisa

O uso de novos métodos de execução de armaduras nos canteiros de obras na atualidade estão cada vez mais presentes. Muitos investimentos e novas tecnologias encontram-se nas obras, muitos destes tentando substituir os atuais.

Muitas destas novas tecnologias não são tão difundidas nos canteiros de obras, tão pouco, se tem estudos e pesquisas sobre as mesmas. É necessário fazer o uso de novos métodos de execução e tecnologias, mas é imprescindível se ter conhecimento sobre tais, a fim de que elas venham para somar qualidade, efetividade e segurança ao processo de execução das estruturas de concreto armado.

Neste contexto, a presente pesquisa busca definir se a substituição do uso de arame recozido por solda interfere de maneira significativa na resistência do elemento executado. Com o auxílio dos ensaios, o estudo também busca analisar o comportamento das vigas após o processo de rompimento, para saber se a substituição do arame recozido por solda MIG é adequada para a utilização na construção civil.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

A pesquisa tem por finalidade fazer uma análise sobre a resistência ao cisalhamento de vigas de concreto armado que serão executadas de duas maneiras distintas, armaduras transversais amarradas com arame recozido e armaduras transversais soldadas com solda MIG.

1.2.2 Objetivos específicos

O presente trabalho tem como objetivos específicos:

- Analisar o comportamento ao cisalhamento de vigas de concreto armado, cujas armaduras foram amarradas com arame recozido e soldados com solda MIG;
- analisar o processo de rompimento de vigas de concreto armado;
- avaliar a influência dos diferentes métodos de execução da armadura na estrutura;
- analisar se algum dos métodos causa maior efeito na resistência da estrutura, sobressaindo - se em relação ao outro;
- avaliar a resistência à compressão do concreto aos 28 dias;
- avaliar a resistência à flexão a 4 pontos;
- realizar uma análise qualitativa das vigas após o rompimento.

1.3 Justificativa da pesquisa

Coelho (2008), em seu trabalho diz que o uso do concreto armado está se tornando cada vez mais essencial em qualquer variedade de obra. Muito em virtude de seus componentes, o concreto armado é responsável pelas estruturas autoportantes. O autor ainda discrimina que seu uso se dá também pelas seguintes vantagens como: a economia do processo construtivo e por permitir uma maior produtividade e agilidade no canteiro de obra, preservando o sistema construtivo.

De acordo com Salim Neto (2009), a aplicação do concreto armado nos canteiros de obra do Brasil é significativa, sendo encontrado nos mais diversos tipos de estruturas e construções. Ainda conforme o autor, o uso do concreto armado simboliza aproximadamente 20% do custo total de uma construção.

Esse setor passou por inúmeras dificuldades nos últimos anos, muito em virtude da crise econômica que abalou o país. Tal fator, fez com que as empresas procurassem alternativas para melhorar o cenário desolador no qual muitas se encontravam. Além disso, a evolução constante que a globalização deste mercado vem sofrendo, aliadas ao aumento das necessidades impostas pelos clientes, causou um impulso neste setor, obrigando as empresas a desenvolverem em suas obras um aumento da qualidade e do antagonismo (FERNEDA, 2017). Foi necessário buscar alterações nas bases produtivas e administrativas, visando diminuir custos, melhorar a qualidade de execução e se adaptar às necessidades que surgissem.

Com as dificuldades enfrentadas nos últimos anos, pode-se perceber que o mercado da construção civil precisou repensar seu modo de agir. Foi preciso planejar o empreendimento com minuciosidade, executando conforme o planejamento, propiciando um controle de toda obra, não abrindo mão de adquirir materiais de boa qualidade e ter mão de obra especializada, favorecendo assim uma maior produtividade no canteiro de obra. Esses fatores são essenciais para as empresas se manterem competitivas no mercado da construção civil (ABIKO et al., 2003).

Na atualidade, o cenário se tornou um pouco melhor, o que propiciou uma maior competitividade entre as empresas, as obrigando a buscar novas tecnologias, tanto de materiais, processos de execução, equipamentos e afins, visando aumentar a qualidade de execução dos processos e também, aumentar a produtividade e diminuir o desperdício de materiais nos canteiros de obras. Ribeiro e Michalka Jr (2003), destacam que neste contexto, muitas empresas estão implementando novos processos, quebrando paradigmas do passado, impulsionando o seu crescimento e aperfeiçoando sua mão de obra.

Diante disso, a produção industrializada das armaduras vem se tornando cada vez mais presente nos canteiros de obras, o que possibilita uma execução mais rápida e limpa das estruturas. Para Silva (2003), a implantação de sistemas de industrialização e montagem das armaduras necessita de menor mão de obra, o que favorece a rapidez do processo e o menor desperdício de material, além de garantir a qualidade da estrutura.

A busca pela redução de custo e de desperdício de materiais está fazendo com que as empresas busquem soluções para minimizar os danos causados por esses fatores. Schuttenberg (2013), diz que o uso da solda durante o processo de armação das armaduras, reduz o tempo de execução em até 40% e possibilita à diminuição de 30% do número de profissionais envolvidos neste processo, isso comparado a utilização do processo de montagem manual com arame recozido. O autor ainda ressalta que dependendo da magnitude da obra, esta substituição pode gerar uma economia de até 30% .

Schuttenberg (2013), aborda outros dois pontos de extrema relevância sobre este tema. O primeiro ponto é referente aos impactos sociais causados pelo processo de amarração das armaduras. Esse processo, expõe o montador a um grande risco de lesões, devido a ergonomia

do local de montagem, do manuseio e da repetitividade dos movimentos. O segundo ponto destacado pelo autor é o impacto ambiental gerado pelas sobras de arame. Segundo ele, o montante de sobras é da ordem de 30%, que na maioria das vezes, são descartados em locais impróprios ou até mesmo diretamente no solo. O autor ainda salienta que o processo de armação com solda, diminui consideravelmente os riscos de lesões dos profissionais expostos durante a armação, além de não gerar resíduos e sucatas.

Devido aos fatores citados acima, o presente estudo visa confirmar que a utilização da solda na execução das armaduras em elementos de concreto armado é benéfico para a estrutura, podendo substituir o processo de amarração manual com o uso de arame recozido.

Por conseguinte, o presente trabalho terá como foco principal, comparar o desempenho estrutural de vigas de concreto armado que, durante o processo de execução, tiveram suas armaduras montadas utilizando dois processos diferentes: amarração com arame recozido e armação utilizando solda MIG.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Estruturas de concreto armado

A NBR 6118 (ABNT, 2014) define estrutura de concreto armado como: a estrutura pela qual seu comportamento estrutural se dá pela aderência entre a armadura e o concreto, onde não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência. A armadura para concreto armado é definida como passiva, pois a mesma não está submetida a tensões iniciais.

Ainda segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), é necessário que se efetive as exigências do cobrimento das armaduras, resistência do concreto, estados limites e área de aço, garantindo assim, o bom funcionamento do elemento na estrutura.

A gama de elementos estruturais, produzidos a partir do uso de concreto armado, é grande. Esse método de construção é muito usado para execução de edifícios, residências, pisos industriais, obras de infraestrutura, contenções e afins. Existem diversos tipos de elementos de concreto armado presentes nos canteiros de obras, sendo os mais usuais as estruturas de pilares, vigas e lajes.

De acordo com Souza e Rodrigues (2008), as estruturas de concreto armado, são responsáveis pela parte mais resistente da estrutura, buscando absorver e transmitir as ações, o que garante a solidez e a segurança da edificação.

Helene e Terzian (1993) definem que o uso de concreto armado corresponde a uma redução de custos, um aumento na velocidade de execução da estrutura e na durabilidade se comparado ao concreto convencional. Os autores ainda caracterizam o concreto armado,

como um composto do concreto simples com barras de aço. Estes materiais desempenham um papel solidário para resistir às ações pelas quais foram submetidos. Segundo os autores, compete ao concreto armado as características descritas abaixo:

- elevada resistência à tração do aço;
- elevada resistência à compressão;
- praticamente não existem tensões internas entre o aço e o concreto;
- maior aderência entre o aço e concreto;
- o concreto defende a armadura de fatores patogênicos, o que garante a durabilidade da estrutura;
- proteção física (cobrimento) e química (ambiente alcalino).

2.1.1 Armaduras

As armaduras são um dos componentes de maior relevância nas estruturas de concreto armado. Sua principal função é absorver os esforços de tração da estrutura. Quando dimensionadas e posicionadas de forma correta, resistem muito bem aos tipos de solicitações que estão expostas (PINHEIRO, 2007).

A NBR 7480 (ABNT, 2007), estabelece condições mínimas de controle das armaduras utilizadas na construção civil, exigindo que os fornecedores de aço certifiquem o processo de produção e garantam a qualidade do material, sendo responsáveis pela produção, armazenamento e distribuição. As armaduras são classificadas de acordo com o diâmetro equivalente da sua seção transversal, expressa em milímetros e também de acordo com o valor característico de resistência de escoamento.

São definidas como barras, as armaduras cujo diâmetro nominal é de 6.3mm ou superior, oriundas exclusivamente da laminação do aço a quente sem deformação mecânica. São nomeados como fios, as armaduras com diâmetro nominal de 10.0mm ou inferior concebidas a partir do fio-máquina pelo processo de laminação a frio ou trefilação. A classificação de acordo com o valor de resistência de escoamento do aço é definida em três categorias: CA-25, CA-50 para barras, e CA-60 para fios (NBR 7480, ABNT 2007).

As barras e fios que serão utilizadas em elementos de concreto armado devem apresentar características geométricas homogêneas. As barras categorizadas como CA-50

devem apresentar nervuras transversais oblíquas, e os eixos das nervuras devem formar ângulos de 45° a 75° com a direção do eixo da barra. As armaduras devem ter pelo menos duas nervuras longitudinais opostas. Isso evita que as mesmas girem dentro do concreto. Para barras com diâmetros inferiores a 10.0mm, as nervuras deverão ter altura média igual ou superior a 2% do diâmetro nominal da barra. Para as armaduras de diâmetros 10.0mm ou superior, as nervuras deverão ter altura média igual ou superior a 4% do diâmetro nominal da barra (NBR 7480, ABNT 2007). Na Tabela 1 está descrita a caracterização das barras conforme a NBR 7480 (ABNT, 2007).

Tabela 1 - Características das barras

Diâmetro nominal ^a	Massa e tolerancia por unidade de comprimento		Valores nominais	
	Barra	Massa nominal (kg/m)	Máxima variação permitida para massa nominal	Área de seção (mm ²)
6,3	0,245	± 7%	31,2	19,8
8	0,395	± 7%	50,3	25,1
10	0,617	± 6%	78,5	31,4
12,5	0,963	± 6%	122,7	39,3
16	1,578	± 5%	201,1	50,3
20	2,466	± 5%	314,2	62,8
22	2,984	± 4%	380,1	69,1
25	3,853	± 4%	490,9	78,5
32	6,313	± 4%	804,2	100,5
40	9,865	± 4%	1256,6	125,7

^a Outros diâmetros nominais podem ser fornecidos a pedido do comprador, mantendo-se as faixas de tolerância do diâmetro mais próximo.

Fonte: NBR 7480 (ABNT, 2007, p.10).

A NBR 7480 (ABNT, 2007) ainda define que os fios da categoria CA-60 podem ou não apresentar nervuras, desde que os mesmos atendam aos requisitos mínimos de conformação superficial. Os fios com diâmetros maiores ou iguais a 10.0mm deverão obrigatoriamente apresentar nervuras ou entalhes. As características dos fios estão detalhadas na Tabela 2.

De acordo com a NBR 7480 (ABNT, 2007), as barras e fios devem ser fornecidos com comprimento de 12m e com tolerância de 1%. Outros comprimentos podem ser acordados entre a empresa fornecedora e o comprador, desde que o mesmo respeite a tolerância de 1%.

Tabela 2- Características dos fios de aço

Diâmetro nominal ^a	Massa e tolerancia por unidade de comprimento		Valores nominais	
Fios	Massa nominal ^b (kg/m)	Máxima variação permitida para massa nominal	Área de seção (mm ²)	Perímetro (mm)
2,4	0,036	± 6%	4,5	7,5
3,4	0,071	± 6%	9,1	10,7
3,8	0,089	± 6%	11,3	11,9
4,2	0,109	± 6%	13,9	13,2
4,6	0,130	± 6%	16,6	14,5
5,0	0,154	± 6%	19,6	15,7
5,5	0,187	± 6%	23,8	17,3
6,0	0,222	± 6%	28,3	18,8
6,4	0,253	± 6%	32,2	20,1
7,0	0,302	± 6%	38,5	22
8,0	0,395	± 6%	50,3	25,1
9,5	0,558	± 6%	70,9	29,8
10,0	0,617	± 6%	78,5	31,4

^a Outros diâmetros nominais podem ser fornecidos a pedido do comprador, mantendo-se as faixas de tolerância do diâmetro mais próximo

^b A densidade linear de massa (em quilogramas por metro) é obtida pelo produto da área da seção nominal em metros quadrados por 7.580 kg/m³

Fonte: NBR 7480 (ABNT, 2007, p.11).

De acordo com Bastos (2017), o processo de dimensionamento de vigas de concreto armado começa pelo dimensionamento das armaduras longitudinais, que devem suportar o máximo momento fletor e também as forças cortantes. Em seguida são determinadas as armaduras transversais.

Clímaco (2008), define a armadura inferior como a armadura de flexão, tendo como função suportar os esforços de tração submetidos, enquanto a armadura superior é definida como a armadura que será comprimida. Entretanto, como o concreto exerce este papel, esta armadura serve também como armadura construtiva, além de fixação para os estribos na armadura longitudinal. O autor ainda caracteriza os estribos, como a armadura cuja função principal, é resistir aos esforços cisalhantes e de torção, além de servir como travamento da armadura e assegurar o posicionamento da mesma durante a concretagem.

2.1.2 Aderência do concreto com o aço

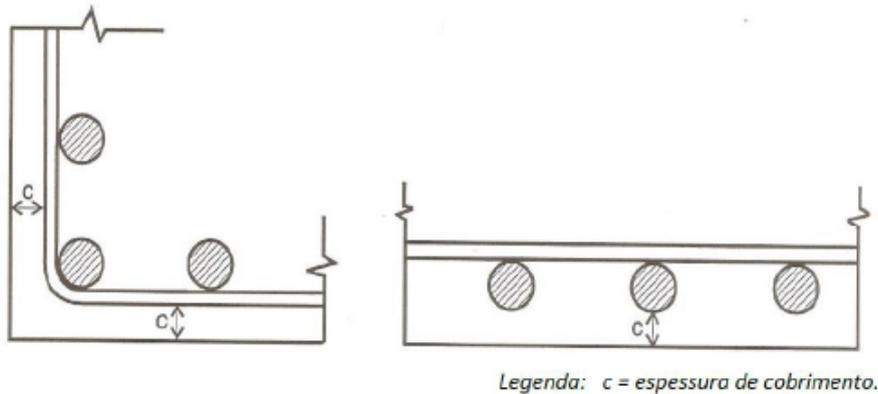
Para Botelho e Marchetti (2004), quanto maior a aderência do concreto com o aço, melhor será o concreto armado. Os dois materiais precisam se unir para formar um conjunto único que dê boa resistência à compressão e à tração.

Para que as estruturas suportem as solicitações pelas quais foram projetadas, elas devem ser resistentes e duradouras. Para isso, são formadas pela combinação do concreto com as armaduras. O concreto é formado pela pasta de cimento com a adição de brita, sendo elas responsáveis por dar ao concreto maior resistência aos esforços de compressão. Porém, a mistura apresenta deficiência na resistência à tração. Para compensar essa deficiência, são adicionadas armaduras, com o intuito de acrescentar resistência à tração para a estrutura. Essa combinação, forma o concreto armado (BASTOS, 2017).

Spech (2018) diz que é necessário que as armaduras estejam corretamente posicionadas no elemento estrutural, com o intuito de garantir a qualidade de execução da mesma, evitando problemas durante a concretagem. O autor ainda cita que é necessário garantir o correto cobrimento da armadura, visando diminuir as chances de ocorrer a corrosão da mesma, além de possíveis patologias.

O cobrimento mínimo é caracterizado como o espaçamento entre a armadura e a superfície, diminuindo a exposição aos agentes degradantes da estrutura. A Figura 1 esquematiza esta questão.

Figura 1 - Camada de cobrimento da armadura.



Fonte: Fusco (2013).

A NBR 6118 (ABNT, 2014), define que os cobrimentos nominais das armaduras estão atrelados a classe de agressividade do ambiente. Esta é caracterizada em função das ações físicas e químicas atuantes nas estruturas de concreto. A agressividade ambiental é classificada conforme consta na Tabela 3. Suas especificações devem ser levadas em consideração desde a concepção do projeto até a sua execução. Na Tabela 4 estão detalhadas as definições de cobrimento mínimo, para cada classe de agressividade.

Tabela 3 - Classes de agressividade em cada tipo de ambiente

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014, p.17).

Tabela 4 - Correlação entre a classe de agressividade e cobrimento mínimo

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014, p.20).

Fusco (2013) define que a proteção das armaduras está diretamente ligada a qualidade do concreto e sua compactação, impermeabilidade e compacidade. Uma compactação inadequada aumenta a permeabilidade do concreto, diminuindo a segurança das armaduras.

Garantir essa camada de cobrimento da armadura proporciona proteção aos estribos e as armaduras longitudinais. Para isso é necessário adotar o uso de espaçadores (SILVA, 2012).

A NBR 14931 (ABNT, 2004), menciona que o cobrimento da armadura, especificado no projeto, deve ser assegurado pelo uso de dispositivos adequados ou espaçadores. Essa norma permite a utilização de espaçadores de argamassa ou concreto, desde que, os mesmos apresentem relação água/cimento $\leq 0,5$, além de permitir o uso de espaçadores plásticos, ou metálicos revestidos por plástico ou similares.

Para Menezes e Azevedo (2009), os dois tipos de espaçadores mais comuns nos canteiros de obras são os estribos plásticos e os produzidos com argamassa. Os espaçadores

de argamassa geralmente são fabricados na própria obra, o que gera um menor custo se comparado aos espaçadores de plástico. Porém, estes levam um certo tempo para estarem aptos para o uso. Já os espaçadores de plástico, são comercializados em embalagens prontas.

2.2 Processo de montagem de armaduras para elementos de concreto armado

O cenário da construção civil mundial vem crescendo no decorrer dos anos. O surgimento de novas tecnologias e de novos métodos de execução estão tomando a frente deste processo. Uma das etapas mais importantes do processo de produção dos elementos de concreto armado é a montagem das armaduras. Tradicionalmente, essa etapa é executada de forma manual com auxílio de equipamentos. Nos últimos anos, iniciou-se o uso de um novo método de fixação das armaduras. Esse processo utiliza a solda como principal instrumento de fixação (ABIKO, 2003).

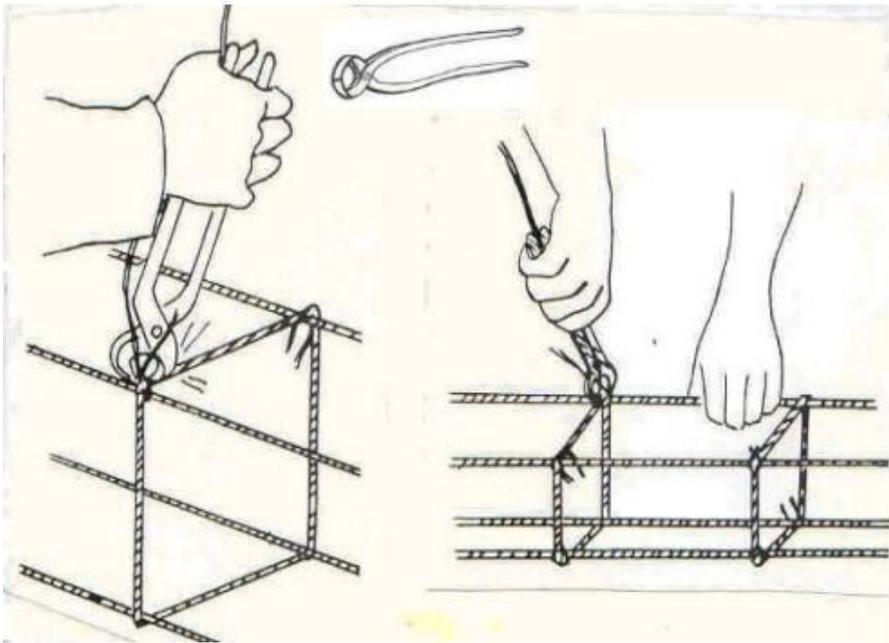
Como dito anteriormente, o aço é encontrado nos formatos de barras e fios, entregues nas obras de acordo com a necessidade de cada cliente. De Barros e Melhado (1998), sintetizam que com o avanço tecnológico, surgiram os processos de industrialização deste aço. Neste, empresas se especializaram e investiram em equipamento e mão de obra, começando a ofertar as armaduras cortadas e dobradas de acordo com as dimensões previstas nos projetos estruturais, fator esse, que favorece a execução e a organização do canteiro de obra.

O corte e dobra das armaduras é o primeiro passo para a execução dos elementos estruturais, quando realizado no canteiro de obra. Esse processo necessita de um maior controle de espaço, além de demandar um maior número de equipamentos e pessoas quando comparado à aquisição do aço cortado e dobrado. Quando finalizado o processo de corte e dobra das armaduras é iniciado o processo de fixação das armaduras e montagem do esqueleto dos elementos estruturais. Durante a execução desta etapa, é necessário se ter cuidado para que a armadura seja posicionada de maneira correta, atendendo as especificações descritas no projeto estrutural, além do cuidado durante a movimentação e posicionamento dos elementos (DE BARROS E MELHADO, 1998).

2.2.1 Montagem de armaduras com arame recozido

Historicamente, a montagem das armaduras é feita com o uso de arame recozido, muito em virtude de sua boa maleabilidade, o que permite uma maior facilidade de execução desse processo. A Figura 2 mostra o processo de amarração das armaduras com arame recozido (DE BARROS e MELHADO, 1998).

Figura 2 - Montagem da armadura com arame recozido



Fonte: DE BARROS e MELHADO (1998).

A montagem de armaduras com uso de arame recozido é ainda hoje o processo mais utilizado nas obras de construção no mundo (DE BARROS E MELHADO, 1998). Por ser amplamente utilizada, falta uma padronização do processo executivo deste método hoje. Cada profissional responsável por executar a amarração, usa do tipo de amarração que lhe convém. Ainda faltam estudos sobre esse método, visto que não existem normas técnicas sobre tal, ficando a cargo do armador a escolha pelo modo de amarração das armaduras.

Hoje, a bibliografia disponível para esse processo é pequena, mas devido à importância do tema, é necessário realizar novos estudos e desenvolver uma padronização do processo de execução.

2.2.2 Montagem de armaduras com solda MIG

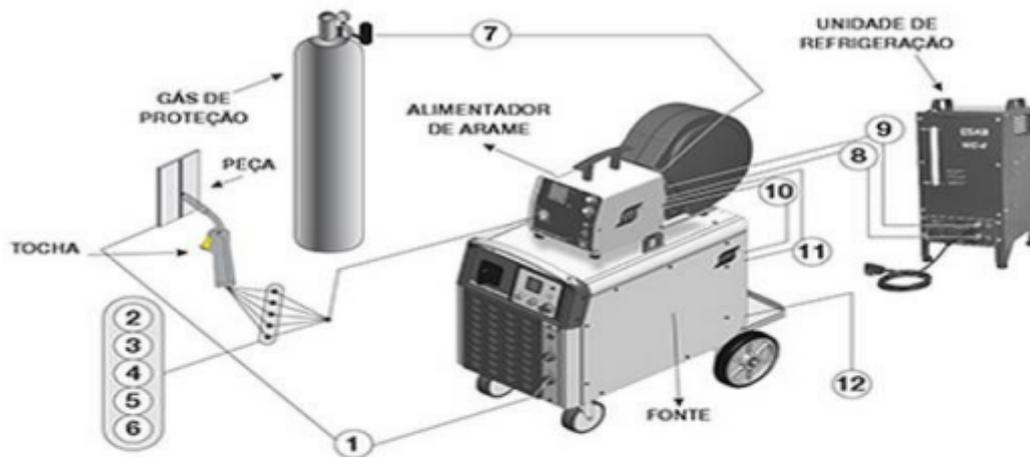
No ciclo de desenvolvimento das novas tecnologias implantadas na construção civil, a soldagem das armaduras vem crescendo de contexto. Muitos construtores estão optando pelo uso da solda MIG como forma de fixação das armaduras, muito em virtude da praticidade e velocidade de execução da montagem dos elementos. Entretanto, no Brasil, ainda não existe nenhuma normativa a respeito do uso de solda em armaduras para construção civil. A NBR 14.931 (ABNT, 2004) é responsável por normatizar o processo de execução de estruturas de concreto. Nela está definido que, se o aço for considerado soldável, as armaduras poderão ser executadas com pontos de solda em torno da sua montagem.

De acordo com Batista (2007), o uso de armaduras soldadas é bastante difundido em países da Europa. Entretanto, no Brasil, o início do uso desse método de execução é recente, sendo que os primeiros elementos com armaduras soldadas foram as telas e pequenos elementos padronizados pelas empresas executoras.

Os procedimentos de soldagem das armaduras com solda MIG podem ser executados de forma manual ou robotizada. Deve - se ter um cuidado especial durante a soldagem, principalmente sobre a zona de soldagem, para que a solda não altere as propriedades da estrutura do vergalhão (BATISTA, 2007).

Fortes (2005) define os equipamentos para a execução da soldagem como sendo compostos por três elementos principais: fonte de energia, motor de alimentação e a tocha de soldagem, além dos acessórios necessários para a execução. Na Figura 3 está esquematizado o equipamento de soldagem.

Figura 3 - Esquema representativo do equipamento de soldagem MIG/MAG.



Fonte - Esab

- 1 - cabo de solda (negativo)
- 2 - refrigeração da tocha (entrada água)
- 3 - gás de proteção
- 4 - gatilho da tocha
- 5 - refrigeração da tocha (retorno água)
- 6 - conduíte do arame
- 7 - gás de proteção vindo do cilindro
- 8 - saída de água de refrigeração
- 9 - entrada de água de refrigeração
- 10 - cabo de comando (alimentador/fonte)
- 11 - cabo de solda (positivo)
- 12 - conexão para a fonte primária (220/380/440 vca)

Fonte: Esab (2019).

O método de soldagem que será utilizado neste estudo é solda ponto. Solda ponto é um processo que busca unir duas armaduras por meio de pontos de solda térmicas, controlando a execução e garantindo a manutenção das propriedades das armaduras (SCHUTTENBERG, 2013). A Figura 4 demonstra como é a fixação das armaduras através da solda ponto.

Figura 4 - Fixação das armaduras através solda ponto.



Fonte: Autor (2021).

Schuttenberg (2013), ainda diz que é necessário controlar algumas variáveis durante o processo de execução da solda ponto, destacando as seguintes:

- firmeza e habilidade manual do soldador;
- controle da abertura do arco de soldagem;
- controle da velocidade de soldagem;
- deve-se manter uma distância de 10 vezes o diâmetro do eletrodo entre as superfícies de soldagem;
- para finalizar a operação basta soltar o gatilho da tocha que a corrente de soldagem será interrompida de forma instantânea;
- O processo de soldagem MIG geralmente usa eletrodo positivo, o que favorece uma melhor aderência e estabilidade do arco durante a execução.

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

3.1 Estratégia de pesquisa

O trabalho desenvolvido é de caráter experimental, sendo constituído pela análise e caracterização dos materiais que foram empregados na execução dos corpos de provas, além da realização de ensaios para verificação da resistência e comportamento das vigas nas diferentes formas de execução das armaduras. A execução do trabalho foi dividida em 5 etapas, desde a caracterização dos materiais até a análise dos resultados.

Na etapa 1 do trabalho foi realizada a caracterização dos materiais que foram utilizados no estudo, sendo caracterizados os agregados miúdos e graúdos.

Na etapa 2 do estudo foi definido o traço do concreto utilizado. Nesta etapa foi executada a montagem das armaduras das vigas, onde foram realizadas a amarração e a soldagem dos estribos nas armaduras longitudinais.

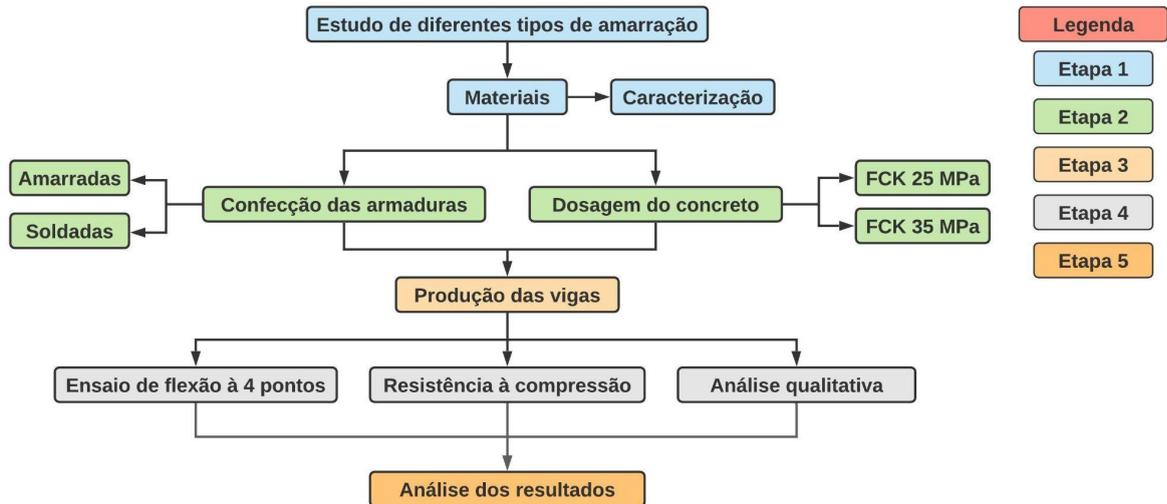
A etapa 3 concerniu na moldagem das vigas de concreto armado para a cura e consumação dos ensaios específicos da análise das vigas.

Já na etapa 4, foram realizados os ensaios de flexão a 4 pontos, resistência à compressão e também a análise qualitativa referente ao rompimento das vigas.

A etapa final foi dedicada à análise dos resultados obtidos durante a execução do estudo, avaliando-se os parâmetros pertinentes e necessários para a comprovação dos

objetivos. Para análise desta etapa, as vigas foram nomeadas de acordo com a sua classe de resistência do concreto e material utilizado para fixação das armaduras transversais. No Fluxograma da Figura 5 está definida a ordem de realização do estudo.

Figura 5 - Definição do processo de execução do trabalho



Fonte: autor (2021).

3.2 Materiais

3.2.1 Cimento

O cimento é um material importante para a realização do estudo experimental. Para tal, foi utilizado o cimento portland CP V ARI - RS da marca Cauê. A massa específica encontrada para este cimento é $2,90 \text{ g/m}^3$. O resultado foi obtido de acordo com a NBR 16605 (ABNT, 2017), sendo realizado pelo LATEC (Laboratório de Tecnologias de Construção). A escolha se deu, pelo fato de ser um tipo de cimento muito usado na produção de concreto usinado.

3.2.2 Agregado miúdo

Os agregados miúdos que foram utilizados para a realização do estudo, são de origem natural, do tipo areia média e areia fina, conforme as especificações da NBR 7211 (ABNT, 2009). A areia natural que foi utilizada é extraída de rio, de origem quartzosa. Para o processo

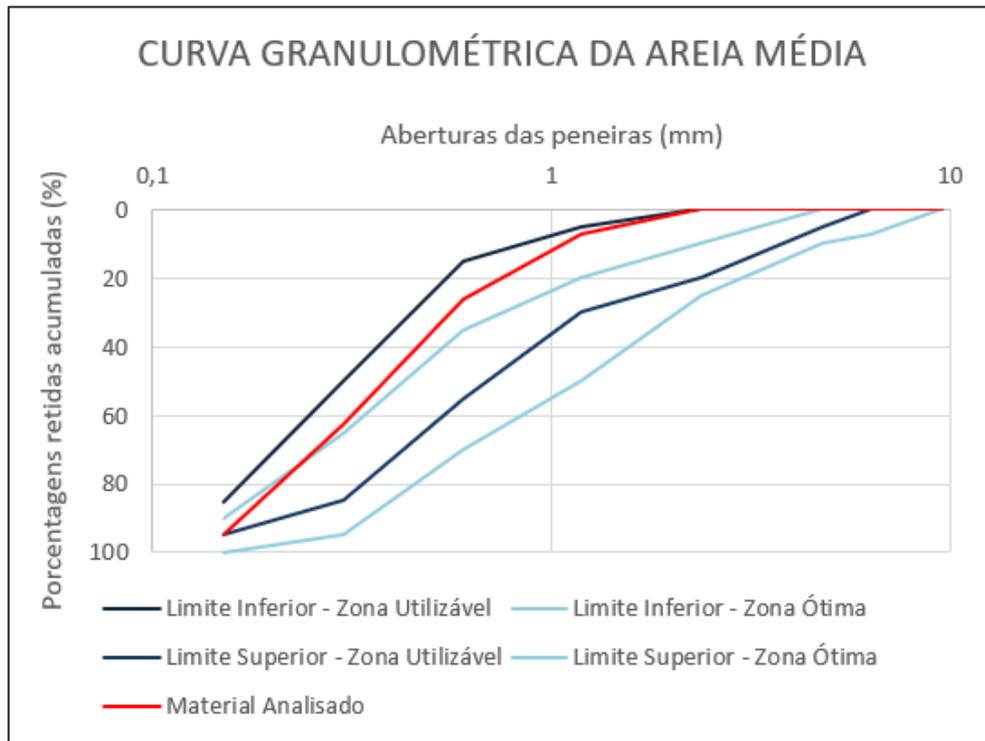
de caracterização dos agregados miúdos, foram realizados os ensaios de granulometria, dimensões máximas dos grãos, massa específica aparente e unitária, além do módulo de finura. Os resultados da caracterização do agregado miúdo estão descritos na Tabela 5. Já a curva granulométrica do agregado miúdo, está plotado no gráfico da Figura 6.

Tabela 5 - Resultados da caracterização do agregado miúdo.

Identificação das Amostras		AREIA MÉDIA		DEFINIÇÕES OBTIDAS PELOS ENSAIOS	
Abertura nominal		Retido	Retido		
pol.	mm	Acumulado (%)	Individual (%)		
1"	25,00	0%	0%	Massa Específica (g/cm ³)	2,61
3/4"	19,00	0%	0%	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	X
1/2"	12,50	0%	0%	Absorção (%)	X
3/8"	9,50	0%	0%	Massa Unitária (g/cm ³)	1,52
1/4"	6,30	0%	0%		
n°4	4,75	0%	0%	NORMAS UTILIZADAS	
n°8	2,36	0%	0%	ABNT NBR NM 45- Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.	
n°16	1,18	7,22%	7,22%	ABNT NBR NM 53- Agregados Miúdos - Determinação da massa específica e massa específica aparente.	
n°30	0,600	26,40%	19,18%	ABNT NBR NM 248- Agregados - Determinação da composição granulométrica.	
n°50	0,300	62,84%	36,44%		
n°100	0,150	94,61%	31,77%		
Fundo		100%	5,39%		

Fonte: LATEC (2021).

Figura 6 - Curva granulométrica do agregado miúdo e seus respectivos limites de aceitação definidos pela NBR 7211 (ABNT, 2009).



Fonte: Autor (2021).

3.2.3 Agregado graúdo

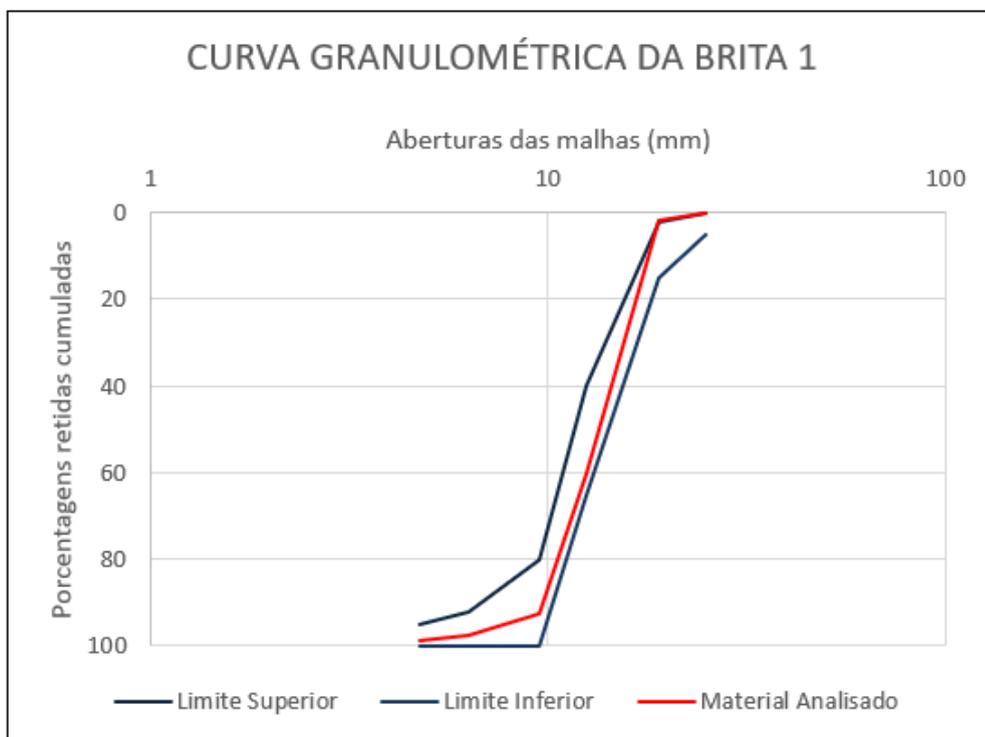
O agregado graúdo que foi utilizado neste estudo possui uma composição basáltica, e que está em concordância com a NBR 7211 (ABNT, 2009). Foi utilizada a brita #1 com diâmetro máximo de $D_{m\acute{a}x} = 19\text{mm}$. Para o processo de caracterização do agregado graúdo, foram realizados os ensaios de caracterização de granulometria, dimensões máximas dos grãos, massa específica aparente e unitária, além do módulo de finura e absorção de água. Os resultados encontrados na caracterização do agregado graúdo estão descritos na Tabela 6. Já o gráfico com a curva granulométrica deste material, está indicado na Figura 7.

Tabela 6 - Resultados da caracterização do agregado graúdo.

Identificação das Amostras		BRITA 1		DEFINIÇÕES OBTIDAS PELOS ENSAIOS	
Abertura nominal		Retido	Retido	Massa Específica (g/cm ³)	2,94
pol.	mm	Acumulado (%)	Individual (%)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	2,79
1"	25,00	0%	0%	Absorção (%)	1,82
3/4"	19,00	1,77%	1,77%	Massa Unitária (g/cm ³)	1,47
1/2"	12,50	60,11%	58,35%	NORMAS UTILIZADAS	
3/8"	9,50	92,67%	32,56%	ABNT NBR NM 45- Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.	
1/4"	6,30	97,54%	4,87%	ABNT NBR NM 53- Agregados Miúdos - Determinação da massa específica e massa específica aparente.	
n°4	4,75	98,77%	1,23%	ABNT NBR NM 248- Agregados - Determinação da composição granulométrica.	
n°8	2,36	99,44%	0,66%		
n°16	1,18	99,45%	0,01%		
n°30	0,600	99,45%	0,00%		
n°50	0,300	99,46%	0,01%		
n°100	0,150	99,47%	0,01%		
Fundo		100%	1,00%		

Fonte: LATEC (2021).

Figura 7 - Curva granulométrica do agregado graúdo e seus respectivos limites de aceitação definidos pela NBR 7211 (ABNT, 2009).



Fonte: Autor (2021).

3.2.4 Aditivo e água

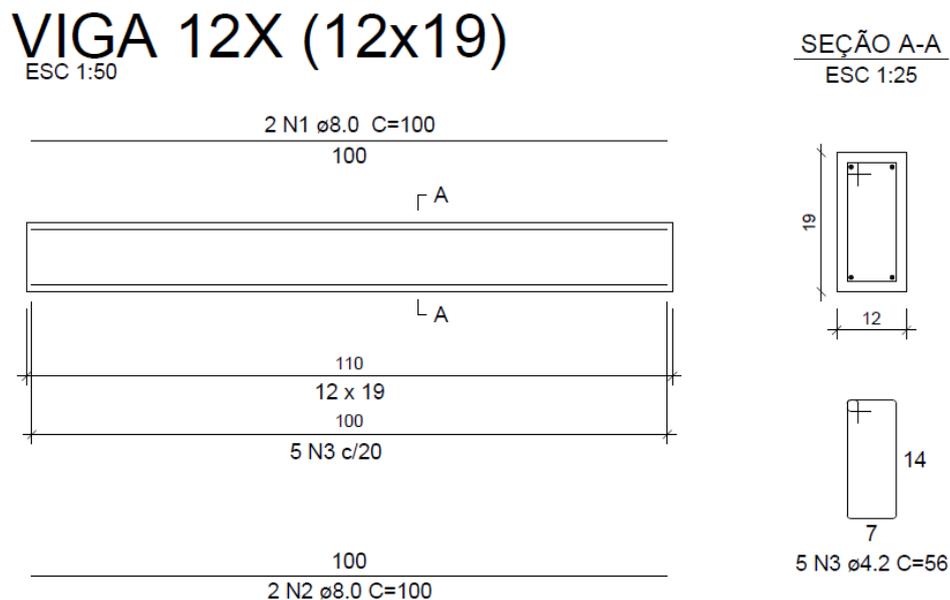
A água que foi usada durante o processo de produção do concreto, é proveniente de poço artesiano, sendo a mesma água utilizada para o abastecimento público, estando em concordância com a NBR 15900-1 (ABNT, 2009). O aditivo empregado na dosagem do concreto foi o superplastificante *SUPLAST 830*, do fabricante Rodo Química, cujas principais vantagens são a redução do fator água/cimento, além da diminuição de fissuras e do tempo de cura, proporcionando uma melhor trabalhabilidade, coesão e elasticidade ao concreto.

3.2.5 Armadura

As armaduras que foram utilizadas para a montagem das vigas, foram baseadas no trabalho realizado por Spech (2018). Nele foram utilizados vergalhões CA-50 e CA-60 da marca Gerdau. Para as armaduras longitudinais foram utilizadas barras de CA-50 Ø8.0mm e para as armaduras transversais foram usados fios CA-60 Ø4.2mm. Todas as armaduras devem ter certificação de qualidade, concedido pela fornecedora do aço e também devem atender às especificações constantes na NBR 7480 (ABNT, 2007). Spech (2018), em seu trabalho, adotou o espaçamento entre estribos de 20 cm, com o intuito de reproduzir as mesmas características encontradas em armaduras comercializadas com solda.

Para a realização dos ensaios, foram montadas 12 vigas, sendo 6 delas com arame recozido e 6 com a solda MIG. O detalhamento das armaduras está descrito na Figura 8.

Figura 8 - Detalhamento das armaduras utilizadas nas vigas.



Fonte: Adaptado Spech (2018).

3.3 Produção das armaduras

Com o propósito de efetivar o uso de solda MIG como substitutivo do arame recozido, este estudo buscou caracterizar e compreender o comportamento de amostras de concreto armado nestes dois métodos de armação. Para isso, foram analisadas amostras amarradas com arame recozido e amostras soldadas com solda MIG, em duas classes de resistências do concreto diferentes.

O primeiro método de execução é o método convencional, onde as armaduras foram amarradas com arame recozido. Já o segundo método, usou a solda MIG, como fixador das armaduras. As armaduras foram cortadas utilizando o sistema de corte e dobra, visando um melhor controle e precisão das medidas da armadura. O mesmo foi executado na empresa Ferros Castro.

3.3.1 Armadura amarrada com arame recozido

O processo de amarração das armaduras foi realizado com arame recozido BWG Nº18, com diâmetro nominal de 1,25mm, da marca Gerdau. O arame recozido tem a função de travar os estribos. Para a montagem das armaduras, foram utilizados os seguintes

equipamentos: torquês, trena, giz (para marcação da posição dos estribos), conforme a Figura 9. Essa etapa foi executada no Laboratório de Tecnologias de Construção (LATEC) da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES.

Figura 9 - Armaduras e equipamentos para a amarração com arame recozido.



Fonte: Autor (2021).

3.3.2 Armadura soldada com solda MIG

O segundo processo de montagem da estrutura que foi estudado foi a soldagem. Para tal, foi utilizado o equipamento de soldagem Vulcano Mig 280 da marca Balmer, monofásico com tensão de 220V, com tocha e de amperagem 280 A. O arame para solda que foi utilizado no processo de execução foi o arame 0,8mm. Os estribos foram soldados nas armaduras longitudinais, onde os pontos de soldas foram posicionados nas laterais do estribo, tendo um comprimento de solda que cobrisse toda a superfície de contato entre o estribo e a armadura longitudinal, imitando a amarração com o arame. A Figura 10 mostra o equipamento utilizado para o processo de soldagem das armaduras.

Figura 10 - Armaduras e equipamentos para a armação com solda MIG.



Fonte: Autor (2021).

3.4 Dosagem do concreto

A dosagem do concreto foi baseada no método experimental ABCP, onde cada componente do concreto foi caracterizado de acordo com os processos vigentes nas normativas. A partir do traço obtido pelo método, foram confeccionadas as vigas para a execução dos ensaios.

Os processos de concretagem e moldagem dos corpos de prova foram executados no Laboratório de Tecnologias de Construção (LATEC) da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES.

O método de dosagem de concreto ABCP foi escolhido para a execução desse estudo, muito em função da possibilidade de controle dos materiais, visto que, é um método considerado experimental. Foram executados dois traços distintos, com o objetivo de se obter duas classes de resistência de concreto. Os traços definidos e os quantitativos utilizados na execução dos traços estão especificados na Tabela 7.

Tabela 7 - Traço utilizado e consumo de materiais utilizados.

TRAÇO DE CONCRETO TCC - EZEQUIEL (25 MPa)					
TRAÇO	Cim.	Areia M.	Brita	Adit	a/c
	1	1,79	2,36	0,01	0,45
Consumo de Cimento			83,46		Kg
Consumo de Areia Média			149,56		Kg
Consumo de Brita 1			196,76		Kg
Consumo de Água			0,83		Kg
Consumo de Aditivo			0,38		Kg
TRAÇO DE CONCRETO TCC - EZEQUIEL (35 MPa)					
TRAÇO	Cim.	Areia M.	Brita	Adit	a/c
	1	1,48	2,10	0,01	0,40
Consumo de Cimento			94,07		Kg
Consumo de Areia Média			139,25		Kg
Consumo de Brita 1			197,13		Kg
Consumo de Água			0,94		Kg
Consumo de Aditivo			0,38		Kg

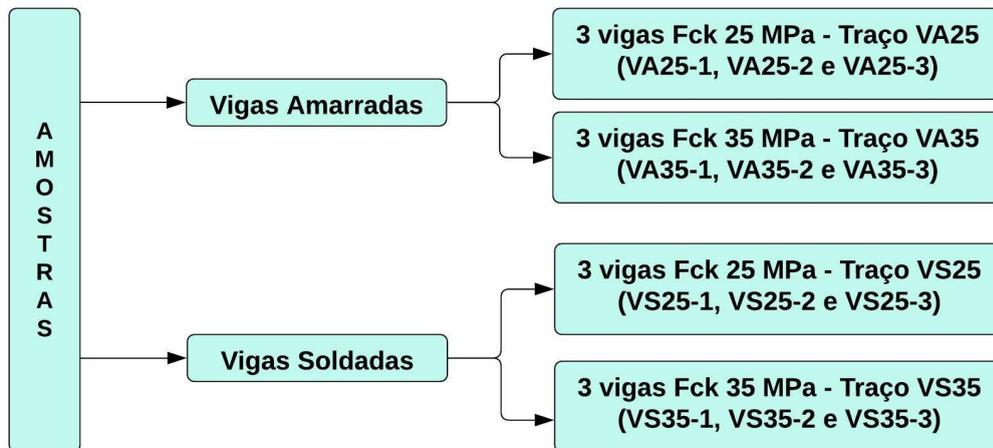
Fonte: Autor (2021).

A escolha pelos traços de resistências de 25 MPa e 35 MPa se deu pelo fato de serem resistências usualmente empregadas em obras.

Para a análise da resistência mecânica do concreto para o traço determinado, foram produzidos 12 corpos de prova (cps) cilíndricos, de dimensões 10cm x 20cm, de acordo com as especificações da NBR 5738 (ABNT, 2015). Estes cps foram utilizados para o ensaio de resistência à compressão aos 28 dias. A execução dos cps, preparação da base, cura e ensaio, foram realizados no Laboratório de Tecnologias de Construção (LATEC) da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES.

Além da moldagem dos cps, para verificação da resistência à compressão do concreto, foram executadas 12 vigas para os ensaios de flexão a 4 pontos. A separação das vigas está descrita no Fluxograma da Figura 11.

Figura 11 - Separação das amostras de acordo com as necessidades do estudo.



Fonte: Autor (2021).

Para a execução das vigas foram utilizados vergalhões CA-60 Ø4.2mm para os estribos e CA-50 Ø8.0mm para as armaduras longitudinais. Os estribos foram fixados nas armaduras longitudinais respeitando o espaçamento pré definido de 20 cm.

3.5 Ensaios

3.5.1 Ensaio de flexão à 4 pontos

O ensaio de determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos é normatizado pela NBR 12142 (ABNT, 2010). Para tal, foram executados cps retangulares, de forma a produzir uma deflexão, até que ocorra a ruptura da estrutura. Após esse processo foi possível mensurar o deslocamento e a carga da estrutura.

Para esse ensaio, foi utilizado o método de flexão a quatro pontos, uma vez que este, é mais expressivo e as tensões ocorrem de forma mais equivalente. Além disto, apresentam maior confiabilidade dos resultados, uma vez que, os cps, sofrem as ações das cargas em uma parte considerável de sua estrutura, fazendo com que, o rompimento ocorra no ponto em que a mesma sofre a maior concentração de tensões. A Figura 12 esquematiza o processo de ensaio do cps.

Figura 12 - Esquema de execução do ensaio de flexão à 4 pontos.



Fonte: autor (2021).

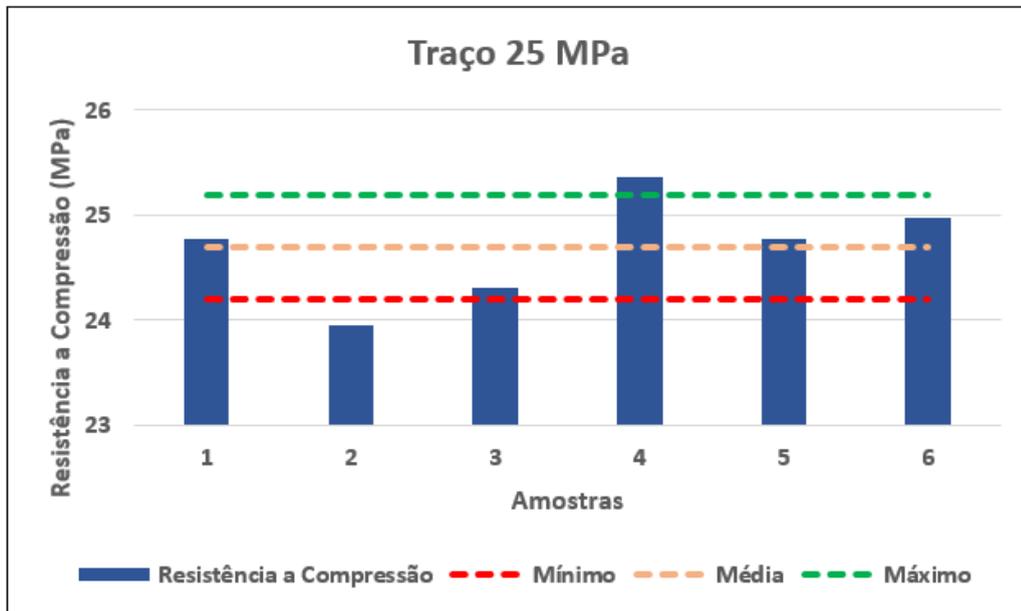
A moldagem dos cps, bem como a execução do ensaio foram realizados no Laboratório de Tecnologias de Construção (LATEC) da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES.

3.5.2 Ensaio de resistência à compressão

O ensaio de resistência à compressão é normatizado pela NBR 5739 (ABNT, 2018), e é usado para avaliar a qualidade do concreto quanto à sua resistência mecânica à compressão. Este ensaio serve para conferir se a resistência característica à compressão (f_{ck}) adotada no processo de dosagem do concreto, foi efetiva aos 28 dias de cura. Para a realização do ensaio foi utilizada uma prensa EMIC com capacidade de 200 toneladas. O ensaio foi realizado no Laboratório de Tecnologias de Construção (LATEC) da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES.

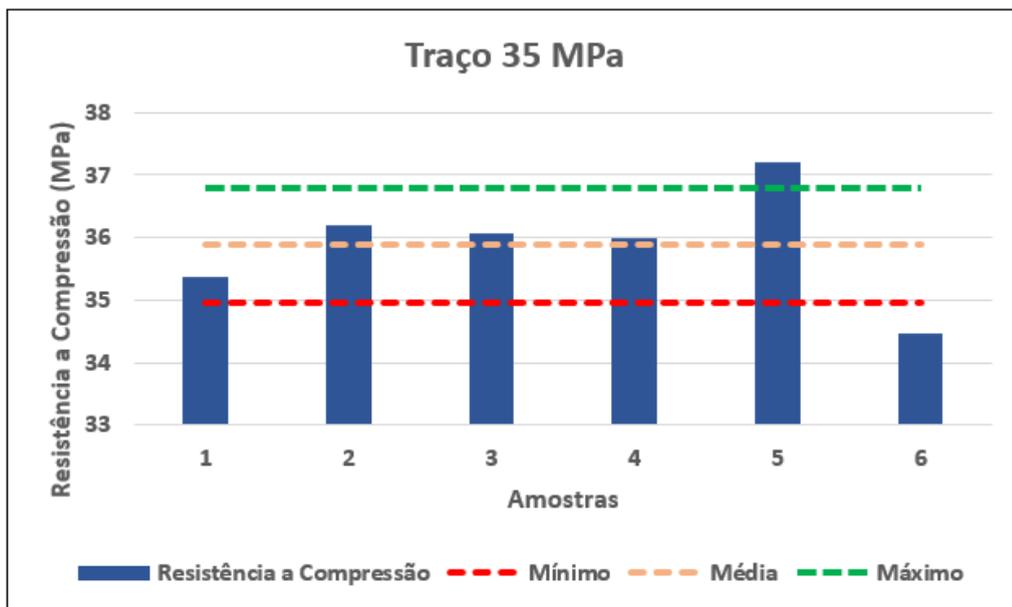
Foram executados 12 cps, 6 para cada um dos traços adotados. Os resultados obtidos estão especificados nas Figuras 13 e 14.

Figura 13 - Resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão aos 28 dias para o traço de 25 MPa.



Fonte: Autor (2021).

Figura 14 - Resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão aos 28 dias para o traço de 35 MPa.



Fonte: Autor (2021).

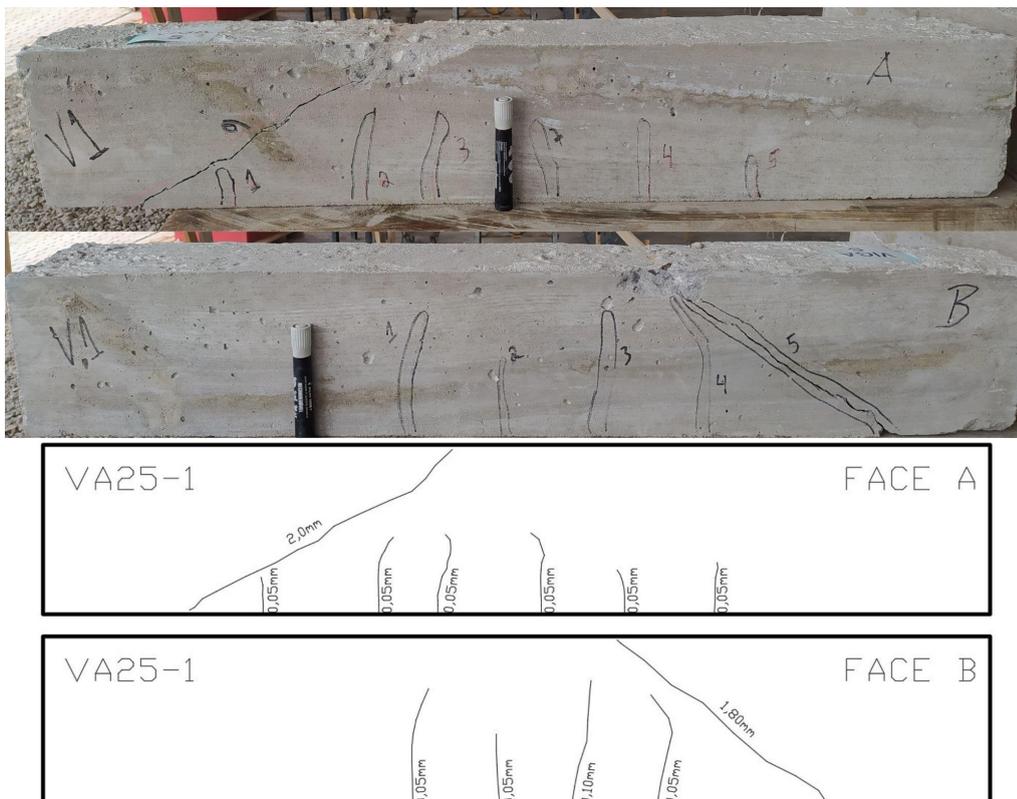
Com os resultados gerados foi possível verificar que os traços atendem as necessidades pelas quais foram propostos, estando aptos para o estudo.

3.5.3 Análise qualitativa

A análise qualitativa adotada para esse estudo teve como objetivo analisar as vigas após o seu rompimento. Realizando um processo de inspeção visual, no qual, foram identificados os pontos de ruptura, além do levantamento das fissuras ocorridas e suas espessuras e o plano de ocorrência.

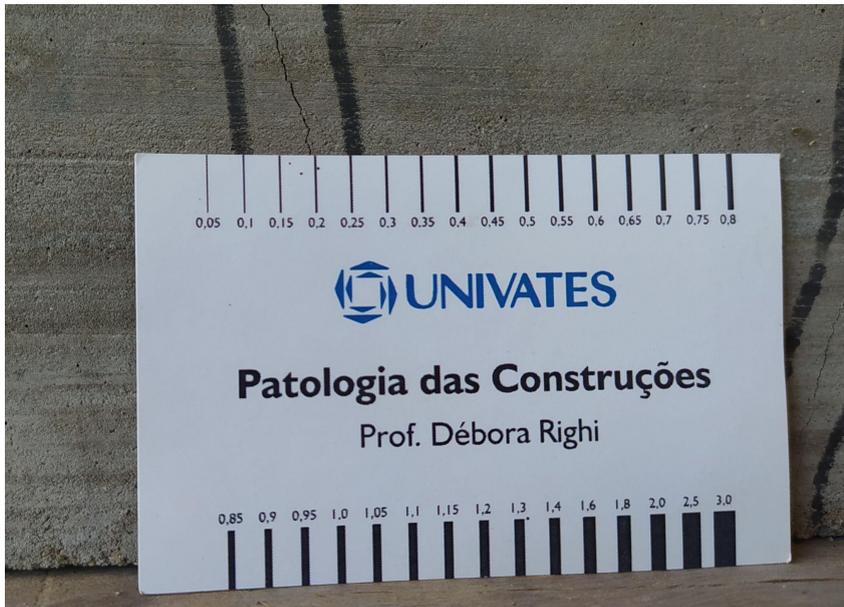
Para esta análise, foi realizado um levantamento fotográfico das faces das vigas rompidas, sendo identificadas as fissuras. Com o auxílio de um fissurômetro (Figura 16), foram mapeadas e medidas as espessuras das fissuras que as amostras apresentaram. Com estas informações, as vigas foram redesenhadas com o auxílio do Autocad, transcrevendo de forma minuciosa estas informações, facilitando a análise deste processo, conforme mostra a Figura 15.

Figura 15 - Processo de inspeção, mapeamento e transcrição das fissuras das vigas.



Fonte: Autor (2021).

Figura 16 - Fissurômetro utilizado na análise das espessuras das fissuras.

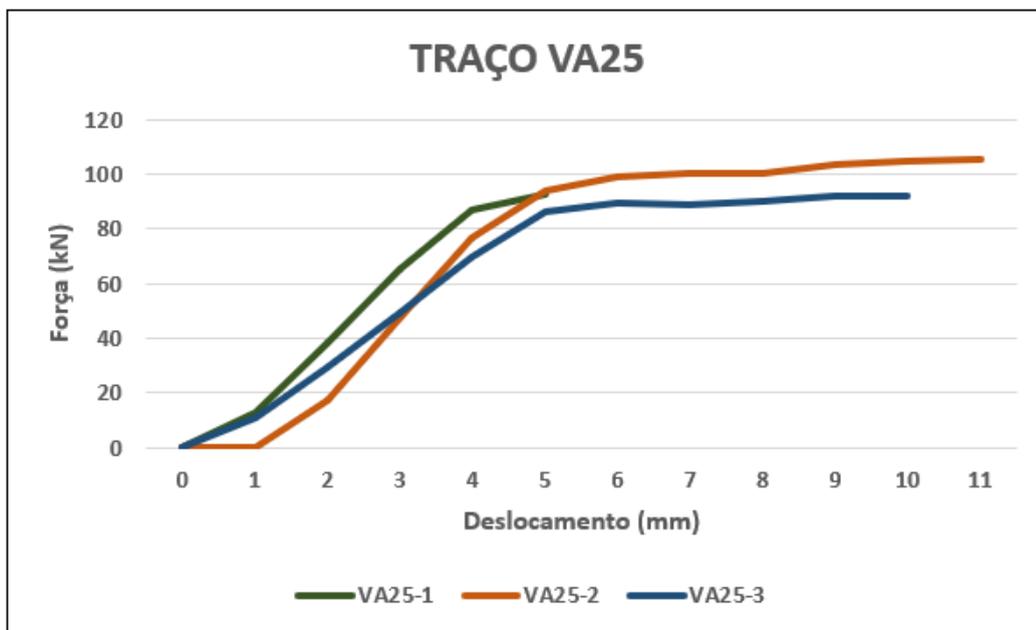


Fonte: Autor (2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos foram plotados em um gráfico de curva, comparando a Força (kN) exercida na viga em função do seu Deslocamento (mm). Para isso, as vigas foram separadas em 4 gráficos: VA25, VS25, VA35, e VS35. Os resultados encontrados estão descritos no Apêndice A e nos gráficos das Figuras 17, 18, 19 e 20.

Figura 17 - Gráfico com os resultados alcançados para o Traço VA25

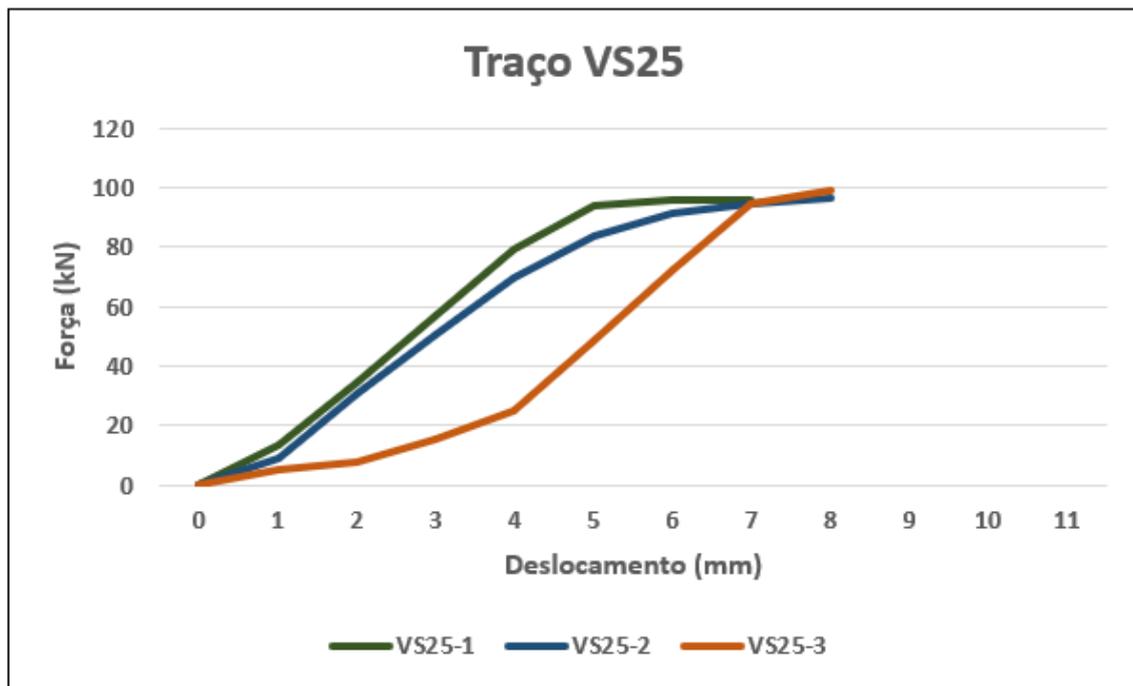


Fonte: Autor (2021).

Analisando o traço VA25, foi possível observar que ambas as amostras apresentaram um comportamento semelhante entre si. Isso fica evidenciado pelas curvas de deslocamento x

força. A curva da viga VA25-1 apresentou um menor deslocamento se comparada às outras duas vigas do traço. A viga VA25-2 foi a viga que suportou a maior força do conjunto de vigas do traço VA25, obtendo o valor de força de 105,3 kN. É possível perceber que no deslocamento 5mm, às curvas das três vigas ensaiadas se assemelham, encontrando cargas próximas a 96 kN.

Figura 18- Gráfico com os resultados alcançados para o Traço VS25.

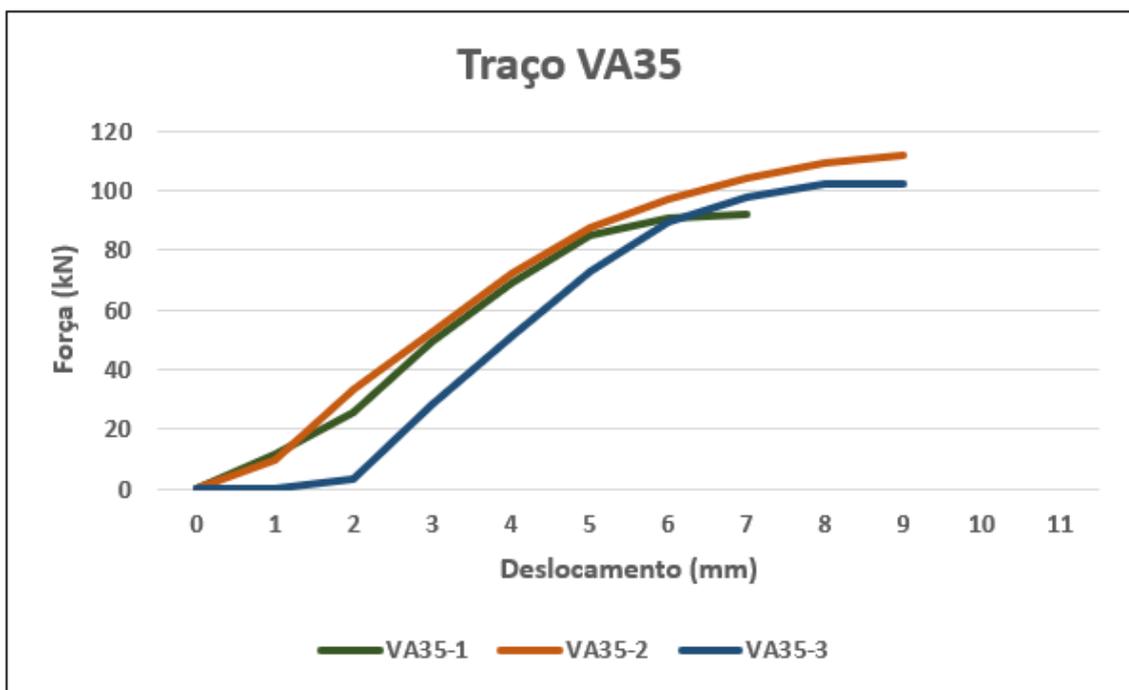


Fonte: Autor (2021).

Analisando o traço VS25, foi possível observar que, as curvas das amostras VS25-1 e VS25-2 se mostram semelhantes, aproximando-se nas resistências máximas suportadas por cada uma, próximas a 95 kN. Além disso, elas apresentaram curvas de ganho de resistência quase que iguais, muito próximas entre si, além dos deslocamentos apresentados serem parecidos. Já a viga VS25-3 mostrou um comportamento mais distinto das outras amostras do traço VS25. No começo do processo de ganho da resistência, a curva apresentou um crescimento lento até o deslocamento de 2mm. A partir daí, houve um ganho mais acentuado de resistência, principalmente entre os deslocamentos 4mm a 7mm. A viga VS25-3 suportou uma força de 99,4 kN, sendo o maior valor encontrado entre as amostras deste traço. O menor deslocamento foi registrado na viga VS25-1.

Analisando o traço VA25 e o comparando com o traço VS25, foi averiguado que houve um acréscimo de 5,94% de resistência para o traço VA25 em relação ao traço VS25, ficando iminente que o uso do arame favoreceu de forma mais acentuada a estrutura da viga. Outra verificação feita foi na questão dos deslocamentos da estrutura durante o processo de aplicação da força. As amostras do traço VA25 permitiram um deslocamento maior do que as vigas do traço VS25 (cerca de 3mm), o que permite compreender que as vigas do traço VS25, por serem executadas com solda MIG, romperam mais cedo do que as vigas feitas com arame recozido (Traço VA25).

Figura 19 - Gráfico com os resultados alcançados para o Traço VA35.

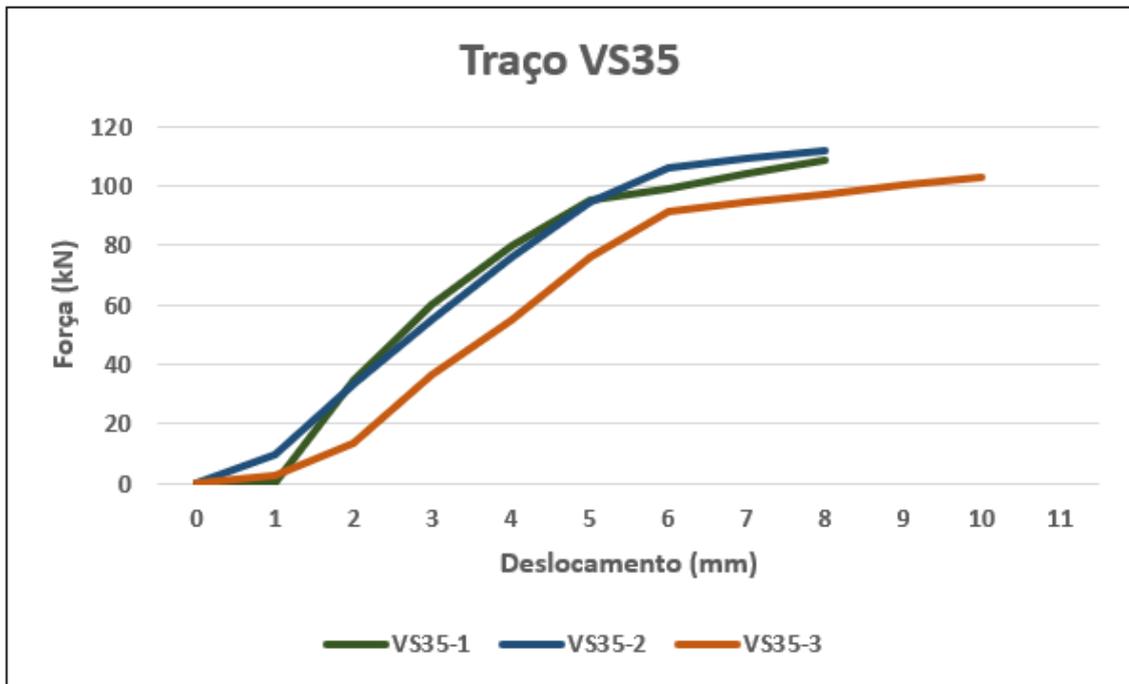


Fonte: Autor (2021).

Analisando o traço VA35, foi possível observar que ambas as amostras mostraram um comportamento semelhante entre si. Isso fica evidenciado pelas curvas de deslocamento x força. A curva da viga VA35-1 apresentou um menor deslocamento se comparada às outras duas vigas do traço. A viga VA35-2 foi a viga que suportou a maior força do conjunto de vigas do traço VA25, obtendo o valor de força de 112,1 kN. É possível perceber que a partir do deslocamento 5mm, às curvas das vigas VA35-2 e VA35-3 se assemelham, encontrando cargas próximas a 102 kN. Verificou-se que, entre os deslocamentos 2mm e 6mm, as forças

aumentaram mais drasticamente, e após este trecho, estabilizaram-se até o rompimento da estrutura.

Figura 20 - Gráfico com os resultados alcançados para o Traço VS35.



Fonte: Autor (2021).

Analisando o traço VS35, foi possível observar que as curvas das amostras VS35-1 e VS35-2 se mostraram semelhantes, aproximando - se nas resistências máximas suportadas, próximas a 108 kN. Além disso, elas apresentaram curvas de ganho de resistência quase iguais, muito semelhantes entre si, e os deslocamentos apresentados foram parecidos. Já a viga VS35-3, mostrou um comportamento mais distinto das outras amostras do traço VS35. No começo do processo de ganho da resistência, a curva mostrou um comportamento até o deslocamento de 2mm. A partir daí, houve um ganho mais acentuado de resistência, principalmente entre os deslocamentos 3mm a 6mm. A viga VS35-2 suportou a força de 111,8 kN, sendo a maior entre as amostras deste traço. Os menores deslocamentos foram registrados nas vigas VS35-1 e VS35-2.

Analisando os traços VA35 e VS35, foi constatado um aumento de 0,27% na resistência do traço VA35 em relação ao traço VS35, mostrando uma similaridade entre as resistências. Para estes traços, mesmo que o arame recozido leve uma pequena vantagem,

pode-se dizer que ambos os métodos de armação se equivalem. Outra verificação feita, foi na questão dos deslocamentos das estruturas durante o processo de aplicação da força. As amostras do traço VA35 permitiram um deslocamento maior do que as vigas de traço VS35, cerca de 1mm a 2mm, o que permite compreender que, mesmo parecidas, as vigas do traço VS35 romperam mais cedo do que as vigas do traço VA25.

Confrontando os traços VA25 e VA35 foi averiguado que, até o deslocamento 2mm, os dois traços apontaram-se bem próximos no ganho de resistência. A partir deste ponto até o deslocamento 5mm, eles começam a se distinguir. O traço VA25 apresentou um ganho de resistência mais acentuado do que o traço VA35. Já o traço VA35, a partir do deslocamento 2mm, apresentou um comportamento bem similar entre as amostras, com um ganho contínuo de resistência até a ruptura da estrutura.

De acordo com as análises dos traços VS25 e VS35, ficou iminente um comportamento mais análogo entre as amostras do traço VS35, onde as três amostras tiveram suas curvas de ganho de resistência similares, mostrando que com a classe de resistência do concreto mais elevada, o traço VS35 se mostrou mais resistente e contínuo durante os procedimentos dos ensaios. O traço VS25 mostrou uma disparidade entre as curvas de resistência das amostras, principalmente na amostra VS25-3, que apresentou, até o deslocamento 3mm, um comportamento mais horizontal, sem um ganho significativo de resistência.

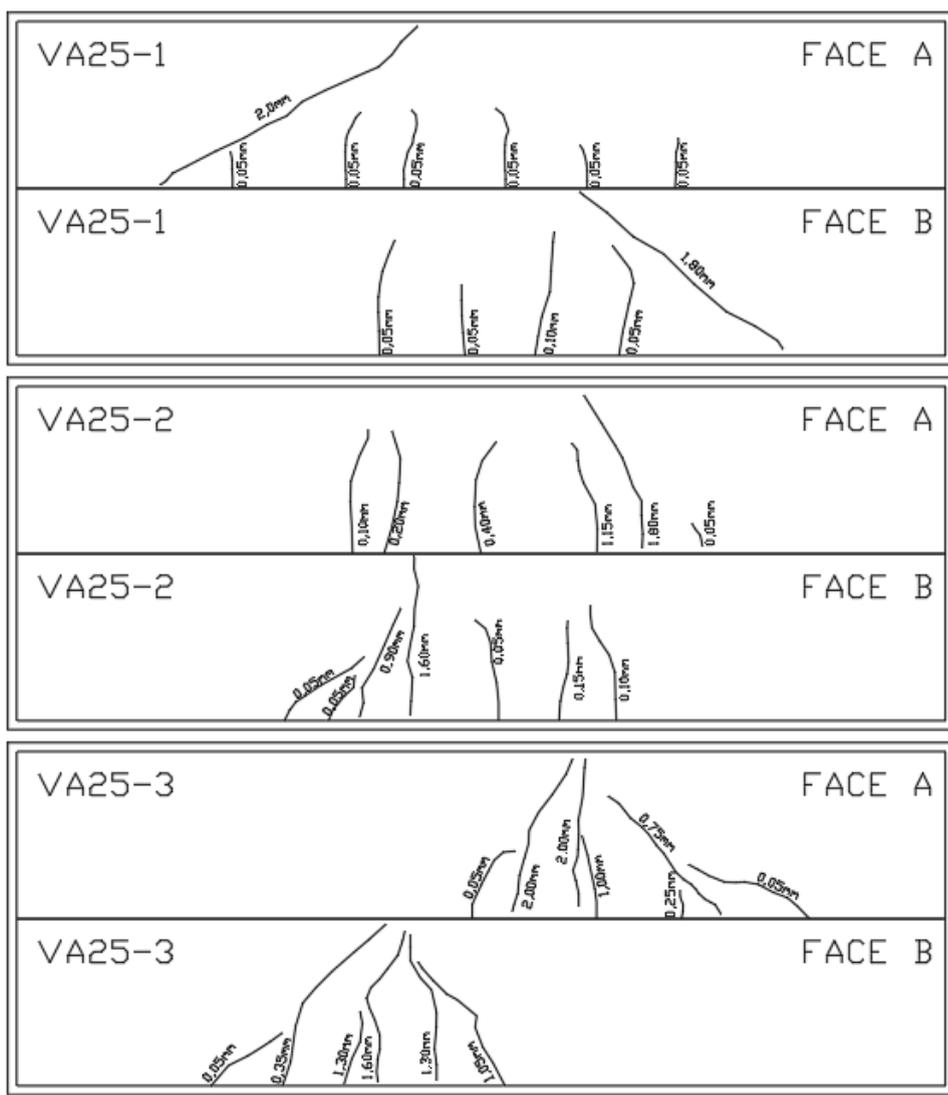
Spech (2018), em sua pesquisa, obteve resultados bem próximos aos encontrados neste trabalho. Os resultados do autor mostraram que as armaduras amarradas apresentaram um acréscimo de resistência de 6,79% em relação às armaduras soldadas. Fica evidente que o arame prevalece no processo de montagem de armaduras.

A curta bibliografia sobre o tema dificultou a análise dos resultados e a busca de referências para comparação do estudo. Com esta análise, seria possível sintetizar os resultados, traçando um perfil de cada método de armação.

Com as vigas rompidas foi possível mapear o processo de fissuração de cada uma, compreendendo seu comportamento. As fissuras encontradas nas estruturas são típicas e

características, definidas como fissuras originárias do processo de sobrecarga das amostras, sendo seu comportamento relevante para este estudo. Nas Figuras 21, 22, 23 e 24, estão detalhados todos os mapeamentos das fissuras encontradas em cada uma das vigas utilizadas neste estudo.

Figura 21 - Mapeamento das fissuras das vigas do traço VA25.

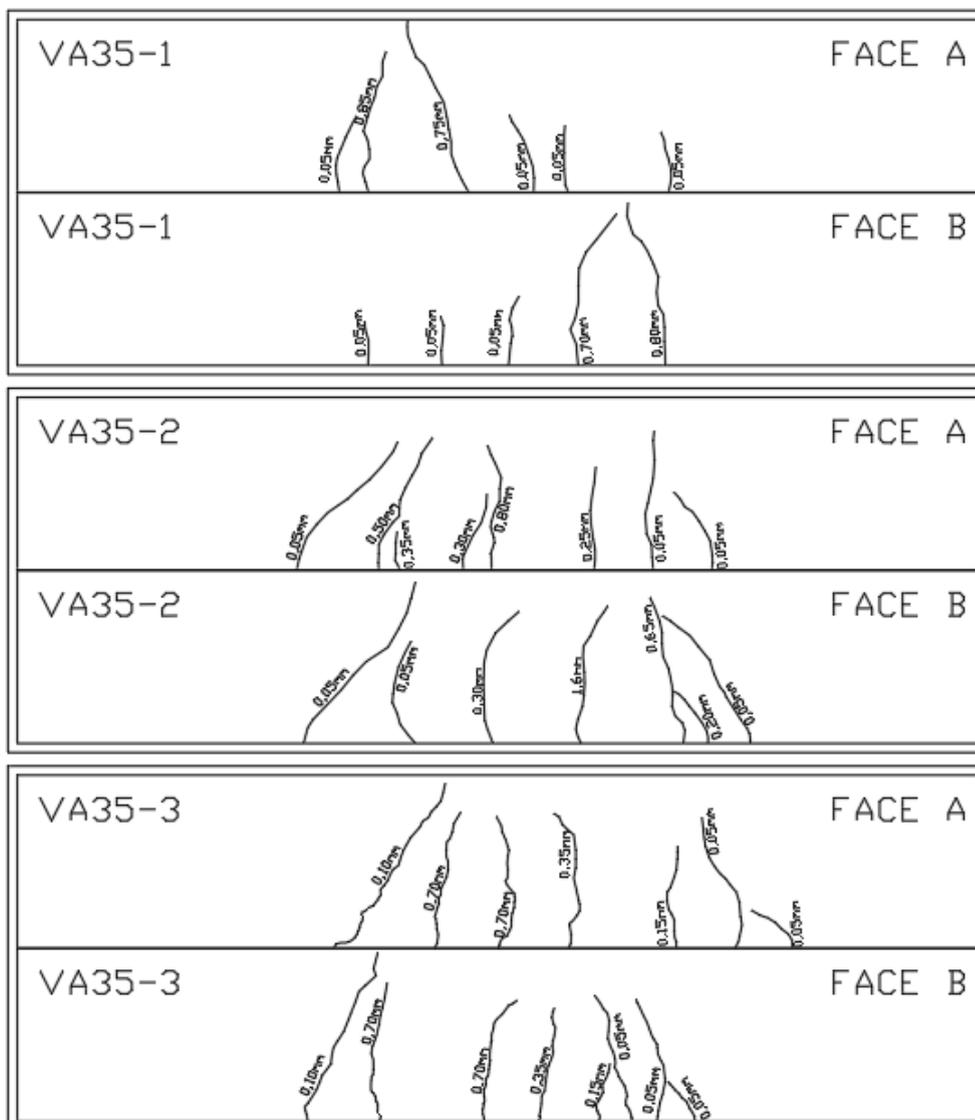


Fonte: Autor (2021).

O mapeamento das fissuras do traço VA25 denota a sistematização dos planos fissurais das amostras. Ficou evidente a presença de fissuras causadas pelo processo de flexão, caracterizadas por fissuras de pequena extensão e espessura média de 0,20mm.

As amostras do traço VA25 apresentaram fissuras originadas pelos esforços de cisalhamento, com padrões angulares entre 30° e 45° , e espessuras médias de 1,6mm. As fissuras de cisalhamento normalmente ocorrem nos pontos onde são atingidas as forças cortantes máximas, podendo transcorrer em toda a altura da viga e em alguns casos dividindo a viga em duas partes (MAGALHÃES E OLIVEIRA, 2017). Na amostra VA25-1 ficou evidente a presença de fissuras de cisalhamento, com espessuras de 1,8mm e 2,0mm. Entretanto, as vigas não chegaram a se dividir. A amostra VA25-3 também apresentou fissuras de cisalhamento, mas com uma magnitude menor, com espessuras de 0,75mm.

Figura 22 - Mapeamento das fissuras das vigas VA35-1 a VA35-3.



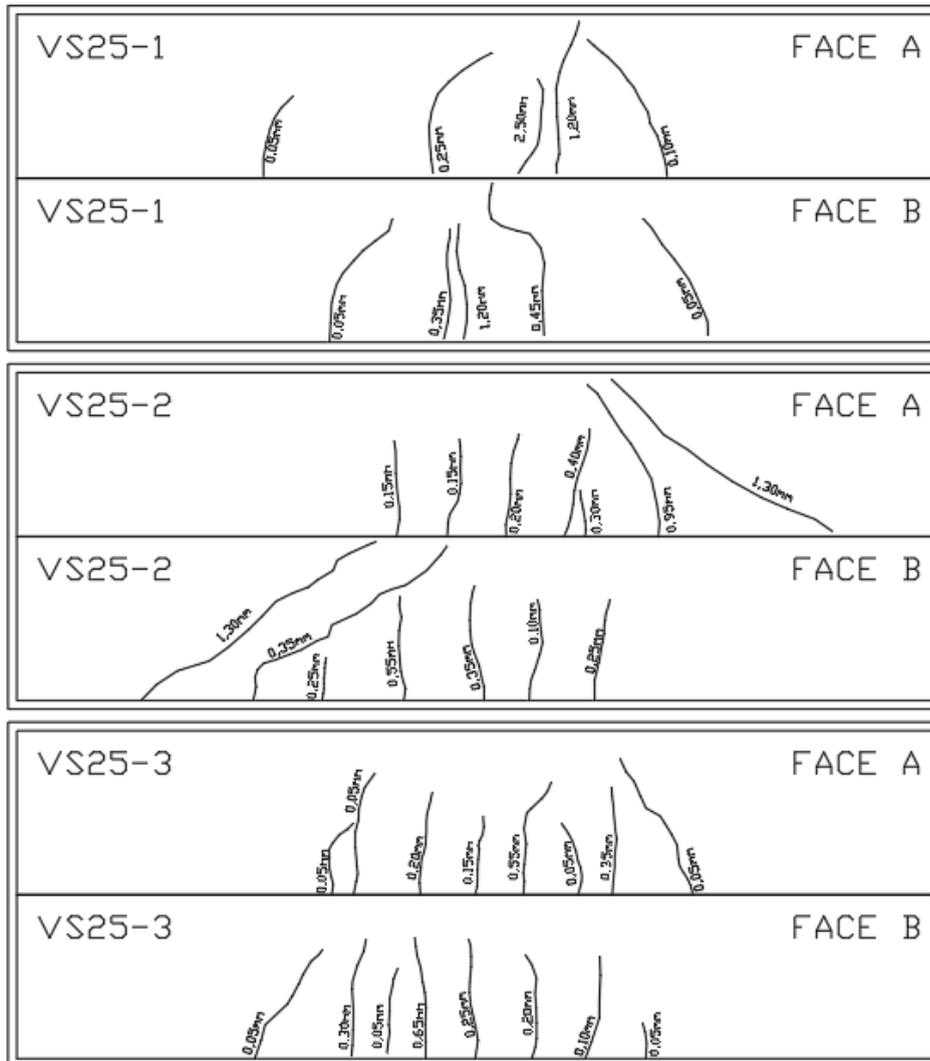
Fonte: Autor (2021).

De acordo com o mapeamento das fissuras do traço VA35, foi averiguada a presença de fissuras de flexão nas amostras, em suma, fissuras de pequena extensão e espessura média de 0,30mm.

Além das fissuras de flexão, assim como as vigas do traço VA25, as amostras do traço VA35 apresentaram fissuras originadas pelos esforços de cisalhamento, com padrões angulares entre 45° e 50°, e espessuras médias de 0,8mm. Nas amostras VA35-1 e VA35-3, foi possível identificar algumas fissuras de cisalhamento, sendo que na amostra VA35-2, pôde-se observar uma tendência das fissuras no plano angular, característico das fissuras de cisalhamento.

Em síntese, para os traços VA25 e VA35, a maioria das fissuras apresentadas nas amostras, tiveram como origem a sobrecarga da estrutura transcorrendo sobre os efeitos da flexão das amostras, apresentando também fissuras de cisalhamento.

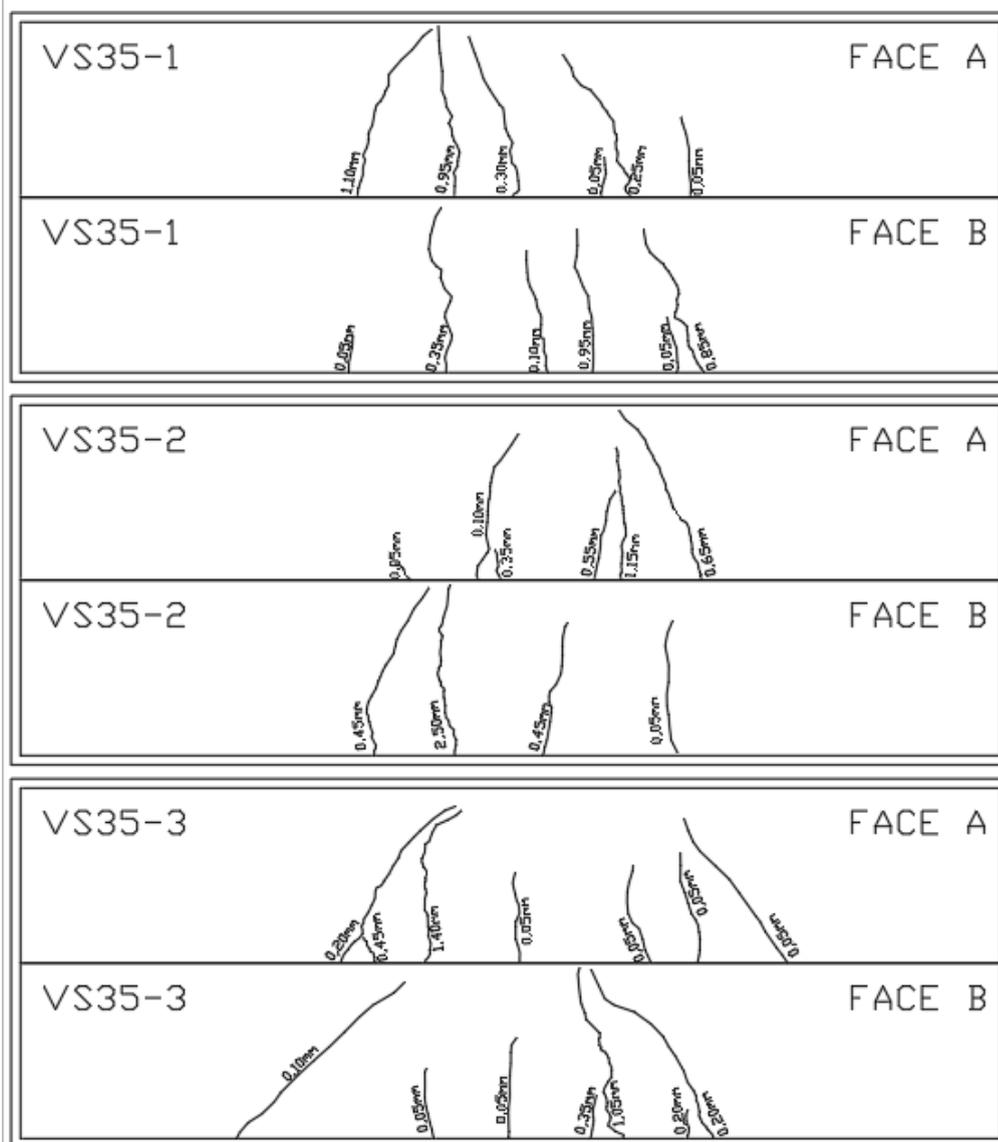
Figura 23 - Mapeamento das fissuras das vigas VS25-1 a VS25-3.



Fonte: Autor (2021).

O mapeamento das fissuras do traço VS25 possibilitou a análise dos planos fissurais das amostras, apresentando uma quantidade significativa de fissuras de flexão, principalmente na região onde as amostras sofreram a sobrecarga do ensaio, localizadas no seu vão central. As amostras apresentaram uma média entre 4 e 5 fissuras de flexão, com extensões reduzidas e espessuras médias de 0,35mm, transcorrendo com um padrão regular no plano vertical de cada face das amostras. Afora as fissuras de flexão, as amostras do traço VS25 apresentaram fissuras de cisalhamento, com extensões significativas. Estas fissuras passam por toda a face lateral num plano inclinado de, em média, 50° e espessuras médias de 0,8mm. As amostras apresentaram fissuras de 1,3mm, sobretudo na amostra VA25-2.

Figura 24 - Mapeamento das fissuras das vigas VS35-1 a VS35-3.



Fonte: Autor (2021).

Explorando o plano de fissuração do traço VS35, é possível perceber a presença de fissuras de cisalhamento, com magnitudes menores que as do traço VS25, com espessuras que variam de 0,10mm a 1,10mm, além de um quantitativo menor que o traço VS25. As amostras apresentaram também, algumas fissuras com uma tendência inclinada, propendendo a fissuras de cisalhamento, mas não ficando evidente.

Além das fissuras de cisalhamento, as amostras apresentaram fissuras de flexão, principalmente na região dos pontos de aplicação das cargas do ensaio, com espessuras médias de 0,45mm e apresentando entre 5 e 6 fissuras por face de cada amostra.

Analisando o comportamento das fissuras, ocorridas depois do rompimento, foi possível perceber uma similaridade entre os planos de ocorrência. Em sua maioria, as fissuras transcorreram no plano vertical de cada face, evidenciando a presença de fissuras de flexão, originadas pelos esforços de sobrecarga do ensaio. As amostras apresentaram fissuras de cisalhamento, comumente ocasionadas quando são atingidas as forças cortantes máximas, transcorrendo em toda a altura da viga num plano inclinado em torno de 45°, tendo quantidades bem inferiores do que as fissuras de flexão.

Os resultados dos mapeamentos das fissuras das amostras, permitiram compreender o processo de rompimento das mesmas, entendendo o seu comportamento após o colapso da estrutura. Ficou evidenciado que, para ambos os métodos de armação das vigas, o comportamento das amostras foram parecidos, mas para o traço VA25, as fissuras de cisalhamento encontradas, foram de maior magnitude se comparadas aos demais traços estudados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

Ao analisar os resultados obtidos pelo ensaio de resistência à compressão, foi possível caracterizar que, os traços adotados, estão de acordo com as necessidades pelas quais eles foram definidos.

De acordo com os resultados encontrados no ensaio de flexão a 4 pontos, foi possível constatar que a utilização do arame recozido, como fixador das armaduras transversais, se sobressaiu nos dois traços analisados. Para o traço VA25, o ganho de resistência, através da análise das amostras, foi de 5,94% se comparado ao traço VS25. Já para os traços VA35 e VS35, os resultados foram bem parecidos, mas novamente o arame recozido se mostrou melhor, mesmo que, com uma margem pequena, de 0,27% de ganho de resistência, em comparação com a solda MIG. Outro fator, é que as amostras dos traços VA25 e VA35 permitiram um maior deslocamento da estrutura durante o processo de aplicação das cargas do ensaio.

Baseando-se na análise qualitativa das amostras, foi averiguado como as mesmas se comportaram em ambos os traços estudados. Se tratando do processo de fissuração, os dois traços se mostraram semelhantes, com planos fissurais bem similares, em sua maioria caracterizados por fissuras de flexão, apresentando também fissuras de cisalhamento.

Por meio deste trabalho, foi possível perceber que, o uso do arame recozido como fixador das armaduras transversais se sobressai em relação ao uso da solda MIG, no que diz respeito à resistência à flexão da estrutura.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Em virtude da escassez de bibliografia, vale salientar a importância de novas pesquisas sobre este tema, pois esta substituição do arame por solda vem ganhando força e mercado, mesmo que sem muitos estudos sobre isso. Portanto, este ainda é um caminho aberto e livre que precisa de continuidade. Desta forma, ficam como sugestão para trabalhos futuros:

- Estudo do comportamento de amostras em diferentes classes de resistências, dimensões e espaçamentos dos estribos.
- Análise mais aprofundada sobre os tipos de solda que existem no mercado e qual traria resultados mais satisfatórios.
- Análise aprofundada das armaduras soldáveis.
- Realizar uma análise e mapeamento dos estribos.
- Realizar uma análise do comportamento das armaduras após o rompimento das amostras.

6 REFERÊNCIAS

ABIKO, Alex Kenya et al. **Tecnologias apropriadas em construção civil**. SP: Editora da UNICAMP, p. 27-54, 2003. Disponível em: <<http://www.lemcc.com.br/wp-content/uploads/sites/64431/2016/08/MCC-Aula-02-Tecnologia-Apropriada1.pdf>>. Acesso em: 23 abr. de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12142: Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de provas prismáticos**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15900-1: Água para amassamento do concreto - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5739: Concreto - Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação**. Rio de Janeiro, 2007.

BASTOS, P. S. S. **Dimensionamento de Vigas de Concreto Armado à Forças Cortantes. – Notas de Aula**. São Paulo: Bauru. 2017.

BATISTA, Arildo. **Desenvolvimento de vergalhões soldáveis e armaduras soldadas**. Revista Brasil Engenharia. São Paulo, 2007. Disponível em:<<http://www.brasilengenharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao579/ArtCivilp60.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2020.

BOTELHO, Manoel Henrique Campo; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado eu te amo**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

CEOTTO, Luiz Henrique. **A industrialização da construção de edifícios: de passado letárgico para um futuro promissor**. In: FARIA, C. P. (Org). Inovação em construção civil: monografias. São Paulo: Instituto UNIEMP, 2005. p. 85-106.

CLÍMACO, João Carlos Teatini de Souza. **Estruturas de concreto armado : fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação**. 2ª Ed. Editora Universidade de Brasília: Finatec. Brasília, 2008.

COÊLHO, Ronaldo Sérgio de Araújo. **Concreto Armado na Prática**. Editora Uema, 2008. 340 p. São Luiz / MA Disponível em:<<https://www.editorauema.uema.br/wp-content/uploads/files/2018/02/livro-concreto-armado-na-pratica-ronaldo-sergio-1519142039.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2021.

COSTA, Geovani de. **Apropriação de insumos de mão-de-obra para os processos de execução de armaduras, fôrmas e concretagem de elementos estruturais em uma edificação vertical**. 2011. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense - Unesc, Criciúma / SC, 2011. Disponível em:<<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1257/1/Geovani%20de%20Costa.pdf>>. Acesso em: 06 de mar. 2021.

DE BARROS, Mercia Maria S. Bottura; MELHADO, Silvio Burrattino. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. 1998. Disponível em:<http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00004.pdf>. Acesso em: 16 de ago. 2020.

EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. 2ª Ed. Oficina de Textos; 2017.

ESAB, Processo de Soldagem: MIG/MAG (GMAW). Manual de especificações técnicas. Contagem - MG. Disponível

em:<https://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo_soldagem_mig_mag_gmaw.cfm>. Acesso em: 15 de abr. 2021.

FERNEDA, Mônica C. **Controle de qualidade: diagnóstico em uma empresa da construção civil segundo requisitos do PBQP-H**. 2017. 32 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017. Disponível em:<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/22204/1/PB_ESEP_II_2017_17.pdf>. Acesso em: 21 de Mar. 2021

FRACCARI, P., VENDRAMETO, O., BOTELHO, W. **A inovação tecnológica na construção civil e o novo perfil da mão de obra**. XIII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica: Tecnologia e desenvolvimento: desafios e caminhos para uma nova sociedade. FIA-PPGTUSP. Curitiba – PR, 2004.

FORTES, Cleber. **Apostila soldagem MIG MAG**. ESAB, Contagem/MG, 2005. 68 p. Disponível em:<https://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/1901104rev0_apostilasoldagemmigmag_low.pdf>. Acesso em: 18 out. 2020.

FUSCO, Péricles Brasiliense. **Técnica de armar as estruturas de concreto**. Pini, 1995.

GERDAU S.A. **Aço para construção civil**. [S. l.] 2009. Disponível em:<https://www.comercialgerdau.com.br/produtos/download/catalogos/catalogo_aco_para_construcao_civil.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2020.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. R. **Dosagem e Controle dos Concretos de Cimento Portland**. São Paulo: Pini. 1993.

LIMA, S. F.; LIMA, C. I. V.; COUTINHO, C. O. D.; AZEVEDO, G. G. C.; BARROS, T. Y. .; TAUBER, T. C. **Concreto e suas inovações**. Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 31–40, 2014. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/1285>. Acesso em: 15 mar. 2021.

LINO, F. **A construção civil rumo à industrialização**. In: FARIA, C. P. (Org). Inovação em construção civil: coletânea de artigos. São Paulo: Instituto UNIEMP, 2005. p. 61-65.

MAGALHÃES, Letícia Ferreira e OLIVEIRA, Camila Amélia Martins de. **Análise e Reparação de Fissuras em Concreto Armado e Alvenaria**. Caratinga, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2017.

MENEZES, L. F; DE AZEVEDO, M. T. **Análise da Influência do Cobrimento das Armaduras na Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado**. 2009.

PINHEIRO, Libânio M. **Fundamentos do concreto e projetos de edifícios**. São Carlos, São Paulo, 2007. Universidade de São Paulo - USP. Disponível em:<http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/Apost_EESC_USP_Libanio.pdf>. Acesso em: 10 set. 2020.

RIBEIRO, Marcellus Serejo; MICHALKA JR, Camilo. **A Contribuição dos Processos Industriais de Construção para Adoção de Novas Tecnologias na Construção Civil no Brasil**. Vértices, Campos dos Goytacazes, v. 1, n. 3, p. 89-107, 2003.

SALIM NETO, Jamil José. **Diretrizes de projeto para melhorar a produtividade na montagem de componentes pré-cortados e pré-dobrados de aço para estruturas de concreto armado de edifícios**. 2009. 236f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SCHUTTENBERG, Ralf. **Substituição do arame recozido de amarração das armaduras estruturais pela solda ponto MIG MAG**. 2013.

SILVA, R. C. **Vigas de Concreto Armado com Telas Soldadas: Análise Teórica e Experimental da Resistência à Força Cortante e do Controle da Fissuração**. 2003. 328 f. Tese de Doutorado em Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

SILVA, O. S. P. **Cobrimento de Armaduras em Estruturas de Concreto Armado: Análise Comparativa entre o Valor Especificado em Projeto e em execução em obras na cidade de porto alegre**. Monografia de Conclusão de Curso, UFRGS, 2012.

SOUZA, M. F; RODRIGUES, R. **Sistemas Estruturais de Edificações e Exemplos**. Artigo Universidade Estadual de Campinas, 2008. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas_estruturais_grad.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

SPECH, Eduardo. **Análise comparativa na utilização de armaduras soldadas e armaduras amarradas em concreto armado**. 2018. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Paranaense - Unipar, Toledo / PR, 2018. Disponível em: <<https://tcc.unipar.br/files/tccs/df507e0c288373b139b2e15095ed80f.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2020.

APÊNDICE A - Tabela com os resultados obtidos no ensaio de resistência à flexão

DESLOCAMENTO (mm)	VA25-1	VA25-2	VA25-3	VS25-1	VS25-2	VS25-3
	FORÇA (kN)					
0	0	0	0	0	0	0
1	12,7	0	10,8	13,5	9,3	5,13
2	38,3	17,3	29,2	34,5	30,8	7,49
3	65,1	47,3	49,4	56,9	50,4	15,32
4	87	76,9	69,4	79,4	69,5	24,7
5	93	94,2	86,4	93,7	83,5	48,5
6		99,1	89,4	95,8	91,3	72
7		100,6	89	95,6	94,3	94,8
8		100,1	90,2		96,6	99,4
9		103,3	91,8			
10		104,8	92,2			
11		105,3				
DESLOCAMENTO (mm)	VA35-1	VA35-2	VA35-3	VS35-1	VS35-2	VS35-3
	FORÇA (kN)					
0	0	0	0	0	0	0
1	11,65	9,4	0	0	9,7	2,8
2	25,61	33,1	3	34,5	33,4	13,8
3	49,37	52,7	28,2	59,9	54,7	36,2
4	68,8	72,2	51,2	79,8	75,9	54,9
5	85	87,9	72,6	95,1	94,9	76
6	90,8	97	89,7	99,1	106,2	91,3
7	91,8	104,5	98	104,2	109,5	94,5
8		109,3	102,5	108,5	111,8	97,1
9		112,1	102,5			100,1
10						102,6
11						

Fonte: Autor (2021).



UNIVATES

R. Avelino Talini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95914.014 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09