



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PEDRO ALVES DE SOUSA NETO

**CARACTERIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS: UM ESTUDO DE CASO
EM NATAL, MOSSORÓ, PAU DOS FERROS, SÃO FRANCISCO DO OESTE E
PORTALEGRE NO RN**

PAU DOS FERROS

2019

PEDRO ALVES DE SOUSA NETO

**CARACTERIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS: UM ESTUDO DE CASO
EM NATAL, MOSSORÓ, PAU DOS FERROS, SÃO FRANCISCO DO OESTE E
PORTALEGRE NO RN**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Matheus Fernandes de Araújo Silva.

Co-orientador: Prof. Dr. Cláwsio Rogério Cruz de Sousa.

PAU DOS FERROS

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

N474c Neto , Pedro Alves de Sousa .
 Caracterização das Estruturas Metálicas: Um
 estudo de caso em Natal, Mossoró, Pau dos Ferros,
 São Francisco do Oeste e Portalegre no RN / Pedro
 Alves de Sousa Neto . - 2019.
 61 f. : il.

 Orientador: Matheus Fernandes de Araújo Silva.
 Coorientador: Cláwsio Rogério Cruz Sousa.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
 2019.

 1. Fornecedores. 2. Aço. 3. Perfis Estruturais
 . 4. Construção Civil. I. Silva, Matheus Fernandes
 de Araújo, orient. II. Sousa, Cláwsio Rogério
 Cruz , co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

**CARACTERIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS METÁLICAS: UM ESTUDO DE CASO
EM NATAL, MOSSORÓ, PAU DOS FERROS, SÃO FRANCISCO DO OESTE E
PORTALEGRE NO RN**

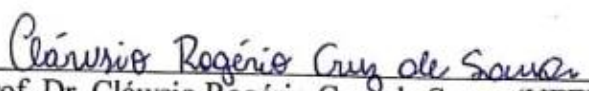
Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Defendida em: 13 / 08 / 2019.

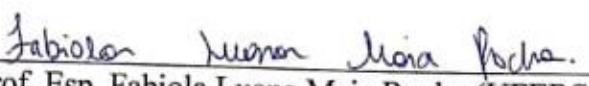
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Matheus Fernandes de Araújo Silva (UFERSA)
Presidente



Prof. Dr. Cláudio Rogério Cruz de Sousa (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Esp. Fabiola Luana Maia Rocha (UFERSA)
Membro Examinador

*Dedico este trabalho aos meu pais
Que sempre lutaram para que eu chegasse até aqui.
Esta conquista é para vocês!*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida. Além disso, por me proteger, guiar, perdoar e sustentar-me durante as tempestades, desânimo e dificuldades que enfrentei, principalmente, na reta final do curso. Obrigado por me dar forças e não permitir que eu desistisse.

Em seguida, sou eternamente grato ao meus pais por todo carinho, dedicação, confiança e amor incondicional. Obrigado por sempre fazerem de tudo para me proporcionar o melhor. Tudo que tenho e sou, é graças a vocês. Agradeço também aos meus familiares, em especial as minhas tias Vânia e Santana, como também aos meus avós e avôs (*in memorian*). Obrigado por sempre terem me tratado como filho, vocês sempre terão um lugar guardado em meu coração.

Ao longo da trajetória da vida sou muito grato, por ter ao meu lado, uma pessoa que me ama, acredita em mim (nos inúmeros momentos em que nem mesmo eu acredito), que apoia e me ajuda a ser alguém melhor. Obrigado por compartilhar e dividir momentos tão incríveis comigo, Claudia. Amo você!

Arremeto-me a Newton quando ele afirma: “Se cheguei até aqui foi porque me apoiei no ombro de gigantes”, devendo também, grande agradecimento a essas gigantescas pessoas. Primordialmente, ao meu orientador Dr. Matheus Fernandes pela disponibilidade, orientações e ensinamentos transmitidos ao longo desse trabalho e da graduação; ao meu co-orientador, Dr. Cláwsio Rogério, foi uma satisfação inenarrável trabalhar novamente com você; como também a professora Eng. Fabíola Maia pelas contribuições e enriquecimento deste trabalho. Para concluir a pesquisa, tive o prazer de conhecer e contar com a ajuda de outros gigantes, que possuem corações enormes: obrigado professor André Rocha, Andréa Ires (gerente da inspetoria do CREA-Pau dos Ferros), ao amigo Senhor Carlinhos e a Hudson, técnico do laboratório da UFRN. Agradeço também ao corpo docente da UFERSA (em especial, aos do curso de Engenharia Civil e aos professores Antonio Leite e Otávio Paulino), bem como aos técnicos e colaboradores do campus multidisciplinar de Pau dos Ferros.

Não poderia deixar de agradecer as pessoas que conviveram, riram, choraram, enfrentaram ao meu lado várias noites em claro e essa árdua caminhada: Hingrid Araújo, Alessandro Lindemberg, José Romário, Ludimila Feitosa, Cadmo Cordeiro, Antônio Nogueira, Mateus Victor e amigos da Mesa da Amargura. Sou grato também a todos da empresa júnior Pirâmides Topografia e Projetos (em especial a diretoria executiva de 2019 e

aos membros da diretoria de projetos) e a RN Júnior (em especial, ao conselho 2019), vocês contribuíram de forma incondicional na minha formação profissional e pessoal.

Agradeço também aos amigos das antigas que, apesar da distância e do pouco convívio, estão sempre presentes garantindo boas risadas e companheirismo: a todos os Batutas Vip's, os amigos da Equipe Metralha, Igo Maxwell, Claire Leite e Laura Moreira. Obrigado pelos vários anos de amizade, conselhos, rolês e boas histórias que temos juntos.

“Vai, vai lá, não tenha medo do pior
Eu sei que tudo vai mudar
Você vai transformar o mundo ao seu
redor”

Projota

RESUMO

A utilização do aço vem aparecendo como uma das alternativas para mudar o panorama do setor da construção civil, devido suas vantagens, como: liberdade no projeto de arquitetura, maior área útil, flexibilidade, menor prazo de execução, dentre outros. Mesmo evoluindo gradativamente, de maneira tardia, o consumo nacional continua em patamar inferior a países com nível de desenvolvimento compatível. Baseado nisso, este trabalho tem por objetivo realizar um levantamento e caracterização do número de engenheiros civis, no município de Pau dos Ferros, como também dos fabricantes e fornecedores de estruturas metálicas, no estado do Rio Grande do Norte. Após a análise dos dados obtidos percebeu-se que, entre os entrevistados, o aço ASTM A36 e ASTM A572 assim como os perfis do tipo I e U são os mais comercializados pelos fornecedores e utilizados pelos fabricantes, onde estes, não possuem qualificações técnicas, em sua maioria. No que se refere aos engenheiros civis, apesar de todos declararem conhecer as vantagens das estruturas metálicas, eles afirmam que a frequência das obras em concreto é maior, fato ocasionado, principalmente, devido fatores regionais, culturais e logística inviável.

Palavras-chave: Fornecedores. Aço. Perfis estruturais. Construção civil.

ABSTRACT

The use of steel has emerged as one of the alternatives to change the landscape of the construction sector, due to its advantages, such as: freedom in architectural design, larger useful area, flexibility, shorter execution time, among others. Even though it is gradually evolving late, national consumption is still below the level of countries with compatible level of development. Based on this, this work aims to conduct a survey and characterization of the number of civil engineers in the municipality of Pau dos Ferros, as well as the manufacturers and suppliers of steel structures in the state of Rio Grande do Norte. After analyzing the data obtained, it was noticed that, among the interviewees, steel ASTM A36 and ASTM A572 as well as type I and U profiles are the most commercialized by suppliers and used by manufacturers, where they do not have technical qualifications, mostly. Regarding civil engineers, although they all claim to know the advantages of metal structures, they claim that the frequency of concrete works is higher, a fact caused mainly by regional, cultural and unviable logistics factors.

Keywords: Providers. Steel. Structural profiles. Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de funcionamento do alto forno.....	21
Figura 2 – Processo de laminação do aço.....	22
Figura 3 – Fluxo do processo siderúrgico	23
Figura 4 – Diagrama tensão x deformação dos aços estruturais.....	25
Figura 5 – Representação do ensaio de tração.....	29
Figura 6 – Forma e dimensões dos corpos de prova de seção retangular.....	30
Figura 7 – Participação de estruturas de aço por tipo de obras (%)	32
Figura 8 – Por que o Brasil utiliza pouco estruturas de aço?	32
Figura 9 – Principais dificuldades para o crescimento das empresas de aço	33
Figura 10 – Perfil de aço utilizado	37
Figura 11 – Corpos de prova para ensaio de tração.....	38

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Mapa do estado do Rio Grande do Norte	34
Mapa 2 – Mapa da região do Alto Oeste Potiguar	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Periodicidade nas contratações.....	41
Gráfico 2 – Principais tipos de perfis estruturais.....	42
Gráfico 3 – Universidade de formação dos entrevistados	45
Gráfico 4 – Cidade de cadastro do CREA.....	46
Gráfico 5 – Área de atuação	46
Gráfico 6 – Já realizou projeto estrutural com estruturas metálicas?	47
Gráfico 7 – Diagrama tensão x deformação dos perfis estudados.....	50
Gráfico 8 – Diagrama do aço ASTM A36.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resistência de alguns tipos de aço-carbono.....	25
Tabela 2 – Dados gerais dos fabricantes	40
Tabela 3 – Porte e capital social dos fabricantes	43
Tabela 4 – Ano de conclusão da graduação em Engenharia Civil	44
Tabela 5 – Comparativo entre disciplinas profissionalizantes da área estrutural, durante a graduação.....	48
Tabela 6 – Tensões e deslocamentos máximos	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

σ	Tensão
ε	Deformação
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing and Materials
CBCA	Centro Brasileiro da Construção em Aço
CNC	Computer Numerical Contrai
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
CP	Corpo de prova
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
E	Módulo de elasticidade
EPP	Empresa de Pequeno Porte
EUA	Estados Unidos da América
Fe	Ferro
Fe ₂ O ₃	Óxido de ferro
FoFo	Ferro fundido
F _u	Resistência à ruptura
F _y	Resistência ao escoamento
Hab	Habitantes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Km	Quilômetro
ME	Microempreendedor
Mpa	Mega Pascal
NBR	Norma Brasileira
NR	Não respondeu
RN	Rio Grande do Norte
t	Espessura do perfil metálico
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UNP	Universidade Potiguar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO AÇO.....	20
2.2 PROPRIEDADES DO AÇO	24
2.3 ENSAIO DE TRAÇÃO EM PERFIL METÁLICO	28
2.4 REALIDADE DAS ESTRUTURAS DE AÇO NO BRASIL	31
3 CONTEXTUALIZANDO A REGIÃO DE ESTUDO.....	34
4 METODOLOGIA.....	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1 FORNECEDORES	39
5.2 FABRICANTES	40
5.3 ENGENHEIROS CIVIS	44
5.4 ENSAIO DE TRAÇÃO COM PERFIL METÁLICO.....	49
6 CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS	54
ANEXOS	57
ANEXO A – REGISTROS ATIVOS NA INSPETORIA DO CREA – PAU DOS FERROS/RN	57
ANEXO B – QUESTIONÁRIO DE DIAGNÓSTICO – ENGENHEIROS CIVIS	58
ANEXO C – QUESTIONÁRIO DE DIAGNÓSTICO – FORNECEDORES	59
ANEXO D – QUESTIONÁRIO DE DIAGNÓSTICO – FABRICANTES	60

1 INTRODUÇÃO

As primeiras utilizações de ferro ocorreram, aproximadamente, há 8000 anos em civilizações, tais como: Egito, Babilônia e Índia, onde eram usados apenas como adorno nas construções ou fins militares. A partir do século XII, os elementos metálicos começaram a ser utilizados na forma de tirantes e pendurais de ferro fundido, auxiliando no funcionamento de estruturas de madeira. Em meados do século XVI, com a fase inicial de desenvolvimento da análise estática, esses componentes estruturais começam a ser utilizados em telhados (PRAVIA E DREHMER, 2004).

Com o uso do ferro em escala industrial, em meados do século XVIII, as primeiras obras de aço surgiram, praticamente, ao mesmo tempo em que se iniciou a produção desse material, devido a Revolução Industrial. Na Inglaterra, em 1779, a Ponte de Coalbrookdale, sobre o Rio Severn, também chamada como Iron Bridge, ficou conhecida por ser a primeira construção em arco fabricada, utilizando ferro fundido, superando um vão de 30 metros. Em meados do século XIX, declinou o uso deste material, sendo substituído pelo ferro forjado que oferecia maior segurança a estrutura. Entretanto, o grande número de acidentes com estes empreendimentos tornou latente a necessidade de estudos mais aprofundados e materiais com melhores características. (PFEIL, 2009).

Mediante tais condicionantes, o cálculo estrutural passou por notável progresso, tendo como exemplo, o surgimento do processo de laminação de perfis, o que possibilitou a produção industrializada de componentes estruturais de ferro laminado. Na segunda metade do século XX, os EUA começaram a disponibilizar aços menos espessos e com maior resistência a corrosão, dando início assim a tecnologia dos aços galvanizados (KLEINA E CASEKER, 2014)

O emprego do aço no Brasil, de acordo com Pravia e Drehmer (2004), está relacionado diretamente com a sua história. A primeira fase de uso ocorre quando o país ainda não tinha indústrias siderúrgicas, importando grandes quantidades de componentes de ferrovias da Inglaterra. A segunda fase surgiu entre as duas Guerras Mundiais, ocorrendo paralisação das importações e iniciando o processo de criação e desenvolvimento das empresas que hoje formam o parque siderúrgico nacional, emergindo também todo o complexo de manufaturas derivadas, como as de fabricação e montagem de estruturas e componentes metálicos.

No Brasil, segundo Freitas e Crasto (2006), a construção civil é predominantemente artesanal, caracterizada pela baixa produtividade e, principalmente, pelo desperdício. Porém, essa situação necessita ser alterada; com isso, o uso de novas tecnologias é a melhor forma de

permitir a industrialização e a racionalização dos processos. Nesse aspecto, a utilização do aço vem aparecendo como uma das alternativas para mudar esse panorama do setor devido suas características, tais como: liberdade no projeto de arquitetura, maior área útil, flexibilidade, compatibilidade com outros materiais, menor prazo de execução, alívio de cargas nas fundações, reciclabilidade, organização do canteiro, entre outras (CBCA, 2019).

O Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA, 2018), evidencia mercados com grande potencial de crescimento, mas que lutam contra a fraca demanda diante da atual situação político-econômico do Brasil. Em estudo realizado com fabricantes de estruturas de aço, constatou-se que: o setor apresentou queda de 13% na sua produção em 2017 em comparação com o ano de 2016, atingindo o nível mais baixo desde 2011, significando no fechamento de empresas e baixo volume de obras; desde 2015, o setor vem sofrendo sucessivas quedas em sua produção e, além disso, foi constatado que todas as regiões do país possuem fabricantes de estruturas de aço, havendo uma presença maior na região Sudeste (56%) e menor na região Norte (4%).

Nas construções em aço cada peça possui seu lugar específico, onde a união desses elementos forma um conjunto que dá sustentação à edificação. O ponto de partida para o desenvolvimento dessas estruturas são os projetos (fundamentais para fabricação e montagem), gerando: prazos curtos; economia de material e manufatura; precisão nas construções, entre outros.

Tendo em vista essa gama de fatores relevantes, torna-se indispensável a utilização de mão de obra especializada para sua execução. Por consequência, encontrar operários qualificados (tais como: montadores, soldadores e engenheiros civis com especialização na área de estruturas) não é tarefa fácil, tornando elevado o custo desses especialistas, ocasionando encarecimento dessa solução. Em virtude da ponderação dos fatores técnicos supracitados, tais profissionais acabam perdendo espaço para outros sem aptidões periciais que, por ventura, podem apresentar preços menores e utilizar materiais com baixa qualidade.

Atualmente, para Souza (2015), o uso do aço na construção brasileira não é muito comum, representando apenas 14% do universo da edificação até 2014. Entretanto, o CBCA (2018) afirma que a construção metálica está em todos os nichos: comercial, industrial e inclusive habitacional, em que os números evidenciaram o mercado com grande potencial de crescimento. Não obstante das vantagens já comprovadas pela opção das estruturas metálicas, o concreto ainda é usado na maior parte das obras, sendo muitas vezes até priorizado o estudo

nas universidades, podendo ocasionar a formação de profissionais tendendo para o uso do concreto.

Diante do crescimento populacional e dos avanços tecnológicos, a indústria da construção civil vem buscando sistemas mais eficientes de construção com o objetivo de aumentar a produtividade, diminuir o desperdício e atender a uma demanda crescente.

Uma vez exposta a problemática em tela, este estudo tem por objetivo geral realizar um levantamento e caracterização do número de engenheiros civis cadastrados na inspetoria do CREA (entre os anos de 2014 e 2019, no município de Pau dos Ferros) como também dos fabricantes e fornecedores de estruturas metálicas na região do Alto Oeste Potiguar, com base em uma pesquisa quantitativa e qualitativa.

Por consequência, de maneira específica, tem como propósito: conhecer quais os principais tipos de aço e perfis estruturais os fornecedores do estado têm disponível; notar se os engenheiros civis do município de Pau dos Ferros – RN costumam realizar projetos estruturais com estruturas metálicas; identificar se estes profissionais cursaram componentes curriculares de Estruturas de Aço, durante a graduação; inteirar-se a respeito da priorização nos componentes curriculares de Estruturas de Concreto Armado em detrimento de Componentes de Estruturas de Aço; além da existência de fabricantes de estruturas metálicas na região do Alto Oeste Potiguar e se os mesmos possuem qualificação técnica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão abordados os componentes considerados essenciais para o entendimento e caracterização do processo de fabricação do aço, incluindo desde a definição das etapas de produção, tais como: produção do ferro fundido, refino, laminação e tratamento anticorrosivo; as propriedades físicas e mecânicas do aço; o que é um ensaio de tração, ressaltando quais características e parâmetros podem ser obtidos a partir do rompimento de corpos de prova de materiais metálicos e, por fim, o cenário atual dos fabricantes de estruturas metálicas no Brasil.

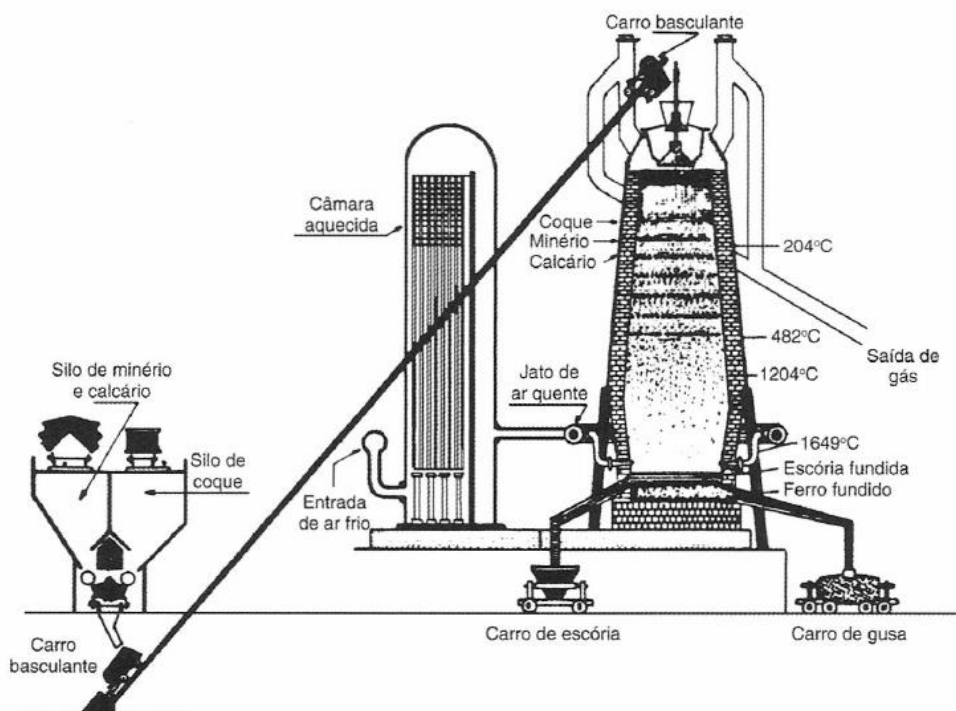
2.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO AÇO

Para Pravia e Drehmer (2004) aço é uma liga de ferro e carbono com outros elementos adicionais, sendo que o teor de carbono pode variar de 0% a 1,7%. O Instituto Aço Brasil (2015) afirma que o ferro (Fe) é encontrado em toda crosta terrestre, fortemente associada ao oxigênio e à sílica enquanto que o carbono é também relativamente abundante na natureza, sendo capaz de ser encontrado por diversas formas. Na usina siderúrgica, usa-se carvão mineral e, em alguns casos, o carvão vegetal. Essas fábricas são responsáveis pela transformação do minério de ferro em aço, possibilitando o mesmo de ser comercializado.

A obtenção do aço na forma de chapas, perfis ou bobinas, a partir do minério de ferro e carvão, decorre de uma série de operações de transformação metalúrgica e conformação mecânica realizadas nas siderúrgicas. Em linhas gerais, a fabricação do aço compreende o aproveitamento do ferro, pela eliminação progressiva das impurezas contidas no minério de ferro. Na forma líquida, isento de grande parte das impurezas do minério, o aço recebe adições que lhe conferem as características desejadas, sendo então solidificado e trabalhado para a forma requerida. (SILVA E FRUCHTENGARTEN, 2012, p. 3).

Pfeil (2009) afirma que o principal processo de fabricação do aço corresponde na produção de ferro fundido (FoFo), em alto forno, e posterior refinamento no conservador de oxigênio. Primeiramente, o minério – cuja origem básica é o óxido de ferro (Fe_2O_3) – é aquecido em fornos especiais, em presença de carbono e fundentes, objetivando a redução de teor do gás na composição de Fe_2O_3 . A partir disso, obtém-se o denominado ferro-gusa, contendo de 3,5 a 4,0% de carbono em sua estrutura (FERRAZ, 2005). Conforme a Figura 1, o produto do alto forno é uma liga de ferro, com alto teor de carbono e diversas impurezas, em que uma pequena parte é refundida para se obter ferro fundido comercial enquanto a outra é transformada em aço (PFEIL, 2009).

Figura 1 – Esquema de funcionamento do alto-forno



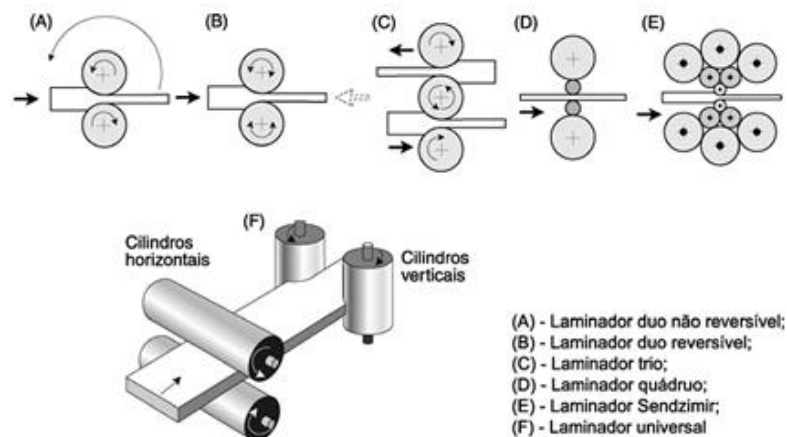
Fonte: Pfeil (2009)

A etapa seguinte do processo é o refino, que se faz em fornos a oxigênio ou elétricos. Após uma análise química do material ferroso, onde são verificados teores de carbono, sílica, fósforo, enxofre, manganês e diversos outros elementos, o mesmo procede para uma unidade de siderurgia, denominada aciaria, onde ocorre a retirada de carbono da gusa, por meio de injeção de oxigênio puro, ainda em estado líquido, que em seguida “escorrega” através da máquina de lingotamento contínuo onde é resfriado e transformado em placas ou tarugos (SILVA E FRUCHTENGARTEN, 2012).

Finalmente, a terceira fase clássica do processo de fabricação é a laminação. Em processo de solidificação, o aço é deformado mecanicamente e transformado em produtos siderúrgicos utilizados pela indústria de transformação, como chapas grossas e finas, bobinas, vergalhões, arames, perfilados, barras, entre outros (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2015).

Em conformidade com a Figura 2, esta etapa corresponde a um processo de transformação mecânica que consiste na redução da seção transversal por compressão do material, por meio da passagem entre cilindros de aço ou ferro fundido com eixos paralelos que giram em torno de si mesmos.

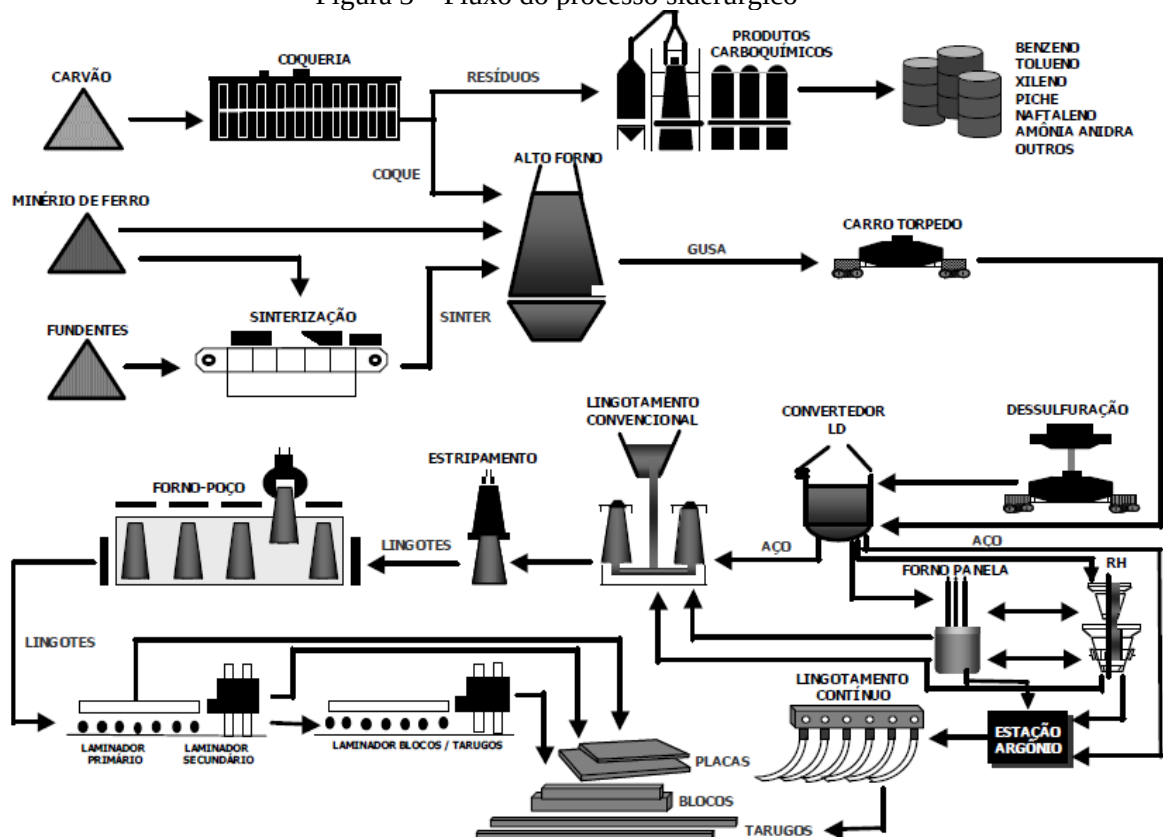
Figura 2 – Processo de laminação do aço



Fonte: Associação Brasileira de Alumínio (2017)

Para CBCA (2015), o processo de fabricação consiste, basicamente, na conversão dos materiais em peças através de procedimentos básicos, tais como: corte, dobra, furação, soldagem, entre outros. Via de regra, essas operações são automatizadas, conforme a Figura 3, sendo realizadas por máquina que possuem CNC (*Computer Numerical Control*), que garantem acabamentos e geometria perfeita ao material.

Figura 3 – Fluxo do processo siderúrgico



Fonte: Silva e Fruchtengarten (2012)

Posteriormente, há o tratamento anticorrosivo, que visa a interpor uma barreira entre o meio externo e o aço, a fim de retardar o processo de corrosão. Os principais tipos de tratamento são a galvanização e a pintura. Silva e Fruchtengarten (2012) afirmam que as chapas fabricadas pelas siderúrgicas são adquiridas por fabricantes de estruturas de aço que as transformam em perfis soldados ou formados a frio. Os perfis laminados já saem com sua seção transversal definida, mas ainda precisam sofrer cortes e furações nas fábricas de estruturas de aço.

2.2 PROPRIEDADES DOS AÇOS

Cortez *et al.* (2017) afirmam que segundo sua composição química, os aços utilizados em estruturas são divididos em três grupos: aços-carbono, aços de baixa liga e aços com tratamento térmico.

AÇOS-CARBONO: são os tipos mais usados, nos quais o aumento de resistência mecânica em relação ao ferro puro é produzido pelo carbono e, em menor escala, pelo manganês. Eles contêm porcentagens máximas de elementos adicionais. Em função do teor de carbono, distinguem-se três categorias: baixo carbono; médio carbono; alto carbono. (CORTEZ *et al.*, 2017, p. 219)

Segundo Silva e Fruchtengarten (2012) os aços-carbono não possuem elementos de liga, sendo os de baixo carbono (apresentando teor de carbono inferior a 0,30%) os mais adequados para a construção civil. Dentre eles, é possível destacar:

- ASTM - A36: o aço mais utilizado na fabricação de perfis soldados (chapas com $t \geq 4,57\text{mm}$), especificado pela *American Society for Testing and Materials*;
- NBR 6648/CG-26: aço, especificado pela ABNT, utilizado na fabricação de perfis soldados e que mais se assemelha ao caso anterior;
- ASTM A572/Gr50: aço utilizado na fabricação de perfis laminados;
- NBR 7007/MR-250: aço para fabricação de perfis laminados, que mais se assemelha ao ASTM A-36;
- ASTM-A570: o aço mais utilizado na fabricação de perfis formados a frio (chapas com $t \leq 5,84\text{mm}$);
- NBR 6650/CF-26: aço, especificado pela ABNT, utilizado na fabricação de perfis estruturais formados a frio.

Na Tabela 1, são fornecidos os valores de resistência ao escoamento (f_y) e de resistência à ruptura (f_u) dos aços citados.

Tabela 1 – Resistência de alguns tipos de aço-carbono

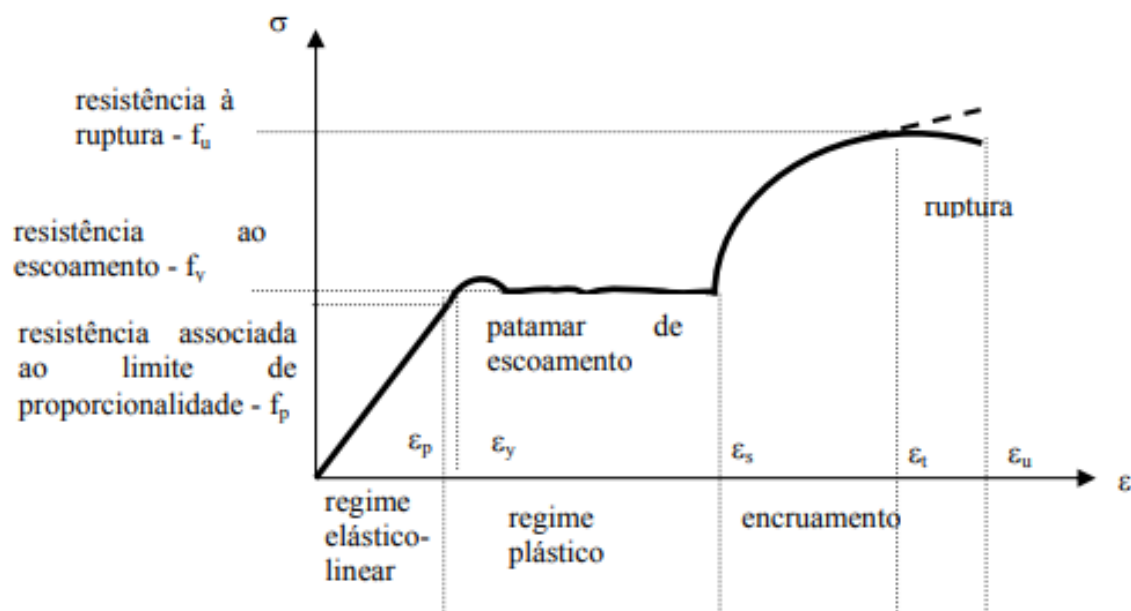
Tipos de Aço	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ASTM-A36	250	400
ASTM A-570 Gr 36	250	365
ASTM A-572 Gr 50	345	450
NBR 6648/CG-26	255*	410*
	245**	410**
NBR 6650/CF-26	260	410
NBR 7007/MR-250	250	400

*Válido para espessuras $t \leq 16\text{mm}$ ** Válido para espessuras $16\text{ mm} < t \leq 40\text{mm}$

Fonte: Silva e Fruchtengarten (2012)

Para obtenção das propriedades mecânicas dos aços estruturais relacionadas ao comportamento sob esforço normal, realizam-se ensaios de tração, à temperatura atmosférica, de corpos de prova apropriados isentos de tensão residual. Assim, obtêm-se diagramas de tensão *versus* deformação, como mostrado na Figura 4, onde se define a resistência ao escoamento (f_y) e a resistência a ruptura (f_u).

Figura 4 – Diagrama tensão x deformação dos aços estruturais



Fonte: Silva e Fruchtengarten (2012)

De acordo com Fakury, Castro e Silva e Caldas (2016) o regime elástico é caracterizado pelo trecho reto que se inicia na origem e se encerra quando o aço atinge a tensão f_y , chamada de resistência ao escoamento, obedecendo os princípios da Lei de Hooke.

O regime plástico se inicia no trecho do diagrama em que o aço fica com tensão constante, igual a f_y , enquanto a deformação aumenta consideravelmente, fase conhecida como patamar de escoamento. Em seguida, o aço sofre um rearranjo cristalino, denominado encruamento, tendendo a elevar novamente a tensão, contudo, sem manter relação linear com a deformação, fazendo o material atingir sua solicitação mais elevada, chamada resistência à ruptura f_u .

Para o projeto e execução de estruturas metálicas é de fundamental importância o domínio do conhecimento de suas propriedades mecânicas. Em testes de resistência, ao submeter uma barra metálica a um esforço de tração crescente, ela apresentará uma deformação progressiva de extensão, ou seja, um aumento de comprimento. Ferraz (2005) afirma que, através da análise deste alongamento pode-se chegar aos conceitos e propriedades dos aços, sendo estas:

a) Elasticidade e Plasticidade: a elasticidade é a propriedade do metal a retornar à sua forma original, uma vez removida a força externa atuante. Desta forma, a deformação segue a Lei de Hooke¹, sendo proporcional ao esforço solicitante. O valor máximo de tensão, que satisfaz esta lei, é chamado de limite de proporcionalidade e, ao ser ultrapassado essa grandeza, tem-se início a fase plástica, ocorrendo deformações crescentes sem variação de tensão (patamar de escoamento²). A plasticidade trata-se da propriedade inversa da elasticidade, ou seja, do material não retornar à sua posição inicial, depois de removido o carregamento externo, ocorrendo deformações permanentes. A deformação plástica altera a estrutura de um metal, aumentando sua dureza, através do endurecimento pela deformidade à frio ou pelo encruamento;

b) Ductibilidade e Fragilidade: Pfeil (2009) denomina ductibilidade como a capacidade do material se deformar sob a ação de cargas. Os aços dúcteis, quando sujeitos a tensões locais elevadas, sofrem deformações plásticas capazes de redistribuir as tensões. Em contrapartida, a fragilidade é a propriedade oposta da ductibilidade. O estudo da fragilidade nas construções metálicas é de grande importância uma vez que os materiais frágeis se rompem bruscamente, sem aviso prévio;

c) Resiliência e Tenacidade: estas duas propriedades relacionam-se como a capacidade do metal de absorver energia mecânica. Enquanto a resiliência consiste na capacidade de

¹ Dentro do chamado regime elástico, as tensões σ são proporcionais às deformações ϵ . Esta relação é denominada Lei de Hooke. O coeficiente de proporcionalidade se denomina Módulo de Deformação Longitudinal ou Módulo de Elasticidade, representado pela letra E. Este valor é praticamente igual para todos os tipos de aço, variando entre $200.000 < E < 210.000$ MPa (PFEIL, 2009).

² Alguns materiais (tais como o ferro fundido ou o aço liga tratado termicamente) não deformam plasticamente antes da ruptura, sendo considerados frágeis. Esse tipo de material não apresenta patamar de escoamento (FERRAZ, 2005).

absorver energia em regime elástico, ou, o que é equivalente, a capacidade de restituir energia mecânica absorvida, a tenacidade é a intensidade total, elástica e plástica, que o material pode absorver por unidade de volume até a sua ruptura (PFEIL, 2009);

d) Dureza: consiste na resistência ao risco ou abrasão, resumidamente, é a resistência que a superfície do material oferece à penetração de uma peça de maior dureza.

e) Fadiga: é a resistência à ruptura dos materiais e medida, geralmente, em ensaios estáticos, sendo importante no dimensionamento de elementos que sofrem ações dinâmicas, principalmente ações que atuam em ciclos alternados (PRAVIA E DREHMER, 2004).

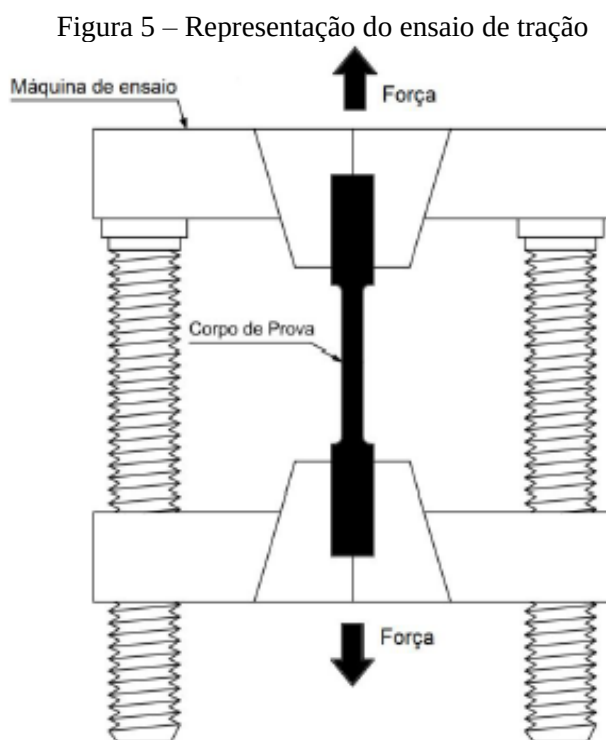
2.3 ENSAIO DE TRAÇÃO PARA MATERIAIS METÁLICOS

A determinação das propriedades mecânicas de um elemento da construção são importantes ferramentas na geração de conhecimento a respeito de seu comportamento em serviço, bem como indicações relevantes das causas fundamentais de danos ocorridos nestes materiais. Conforme afirma Bayer (2013) para a seleção de um tipo de material para um projeto, são avaliadas as suas propriedades e comportamentos mecânicos, em que essas características são obtidas através de ensaios normatizados. Em tais ensaios, as tensões representam a resposta interna aos esforços externos que atuam sob uma determinada área de um corpo (GARCIA *et al*, 2000).

Dentre os fatores a serem considerados nos ensaios, incluem-se a natureza da carga aplicada, a duração de aplicação e as condições ambientais. A carga pode ser de tração, compressão ou cisalhamento e sua magnitude pode ser constante ao longo do tempo, ou não. De acordo com Barbosa (2014) a determinação das particularidades mecânicas pode ser realizada por meio de vários tipos de ensaios. Geralmente, eles podem ser destrutivos (pois promovem a ruptura ou a inutilização do material) ou não-destrutivos (utilizados para determinação de propriedades físicas, bem como detectar falhas internas do material).

Dentre os diversos tipos de ensaios abordados, o mais utilizado é o de tração, que consiste na aplicação de carga uniaxial crescente em um corpo de prova específico até a ruptura. Com este modo de experimentação, pode-se afirmar que as deformações promovidas são uniformemente distribuídas em todo o seu corpo, até ser atingida uma carga máxima próxima do final do ensaio. Como é possível fazer com que a carga cresça numa velocidade razoavelmente lenta, durante todo o teste, o ensaio de tração permite medir satisfatoriamente a resistência do material, conforme afirma Dalcin (2007). A uniformidade termina no momento em que é atingida a carga máxima suportada pelo material, quando começa a aparecer o fenômeno da estricção ou da diminuição da seção do corpo de prova. A ruptura sempre se dará na região mais estreita, a menos que haja um defeito interno (DALCIN, 2007).

Segundo Barbosa (2014) a aplicação de uma força em um corpo sólido promove uma deformação do material na direção do esforço e o ensaio de tração consiste em submeter um material a uma tensão que tende a alongá-lo. De acordo com a Figura 5, o corpo de prova (CP) é preso pelas extremidades nas garras de fixação do dispositivo de testes.

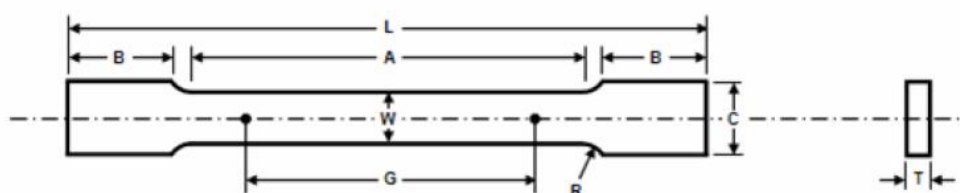


Fonte: Garcia *et al*, 2000

A máquina de ensaio de tração é projetada para alongar o CP a uma taxa constante, além de medir (contínua e simultaneamente) a carga instantânea aplicada e os alongamentos resultantes, sendo medidas as deformações correspondentes por intermédio de um aparelho especial (sendo o mais comum, o extensômetro).

Este ensaio é padronizado por normas técnicas, entre elas a NBR-6892-1 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2013), e a ASTM E-8M da *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 2015), ambas para materiais metálicos. Tais normatizações estabelecem que os corpos de prova possuam formas, dimensões e acabamentos definidos, além de possuírem seção circular ou retangular, dependendo do tamanho e da forma do produto acabado do qual foram retirados. A Figura 6 evidencia o formato e as dimensões de CP retirados de chapas, respectivamente, indicado na norma ASTM E-8M.

Figura 6 – Forma e dimensões dos corpos de prova de seção retangular



Dimensão nominal	Dimensões, mm		
	Corpos de prova padrões		Corpo de prova reduzido
	Chapa grossa 40 mm	Chapa fina 12,5 mm	6 mm
G – Comprimento da parte útil	200,0 ± 0,2	50,0 ± 0,1	25,0 ± 0,1
W – Largura da parte útil	40,0 ± 2,0	12,5 ± 0,2	6,0 ± 0,1
T – Espessura	Espessura do material		
R – Raio de concordância, min.	25	12,5	6
L – Comprimento total	450	200	100
A – Comprimento da parte útil	225	57	32
B – Comprimento da cabeça	75	50	30
C – Largura da cabeça, aprox.	50	20	10

Fonte: ASTM (2015)

A parte útil, indicada pela letra G na Figura 7, é a região onde são feitas as medidas das propriedades mecânicas do material. As cabeças são as regiões da extremidade, que possuem a finalidade de fixar o corpo de prova à máquina, com o objetivo de fazer com que a força atuante seja axial³.

Dentre as principais propriedades mecânicas dos materiais, obtidas pelo ensaio de tração, é possível destacar:

- Limite de plasticidade;
- Limite de proporcionalidade;
- Limite de escoamento;
- Limite de resistência
- Limite de ruptura;
- Módulo de elasticidade;
- Módulo de resiliência;
- Módulo de tenacidade.

³ Devem possuir seção maior do que a parte útil para que a ruptura não ocorra nelas (BARBOSA, 2014).

2.4 REALIDADE DAS ESTRUTURAS DE AÇO NO BRASIL

De acordo com Cortez *et al* (2017), o aço modificou consideravelmente o setor da construção civil, tornando possível criar estruturas cada vez maiores e mais leves, possibilitando a execução de projetos mais ousados. Mesmo evoluindo gradativamente, de maneira tardia, este tipo de construção é a aposta do mercado brasileiro para quem deseja investir em algo novo.

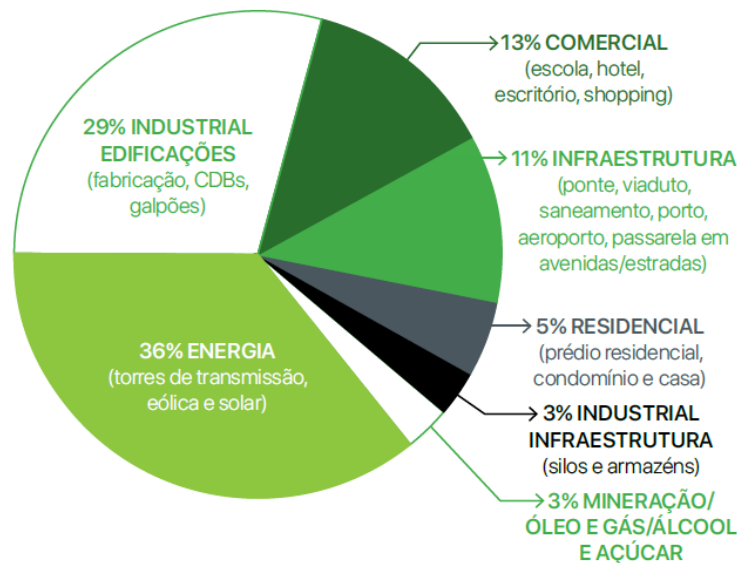
Nos países em desenvolvimento, o consumo *per capita* de aço aumenta rapidamente durante seu período de crescimento industrial, tornando-se um dos mais utilizados indicadores para a avaliação do grau de industrialização de um país (WORLD STEEL, 2012). Segundo Oliveira e Sollero (2014), apesar do crescimento nos últimos anos, o consumo nacional continua em patamar significativamente inferior ao de países com nível de desenvolvimento compatível. Dentre os BRICs, o Brasil possui o menor consumo de aço, sendo 40% inferior ao da Rússia, 65% abaixo ao da Índia e 96% menor que o da China.

Conforme CBCA (2015), o consumo de aço para estruturas metálicas voltadas para a construção cresceu 6,4% entre 2012 e 2013. Entretanto, com a economia em compasso de espera, o Instituto Aço Brasil (2019), estima que, para este ano, o consumo aparente deva crescer 2,1%, chegando a 21,65 milhões de toneladas, enquanto que a previsão anterior era uma elevação de 4,6%, chegando a 22,18 milhões de toneladas. Concomitantemente, em junho de 2019, a produção brasileira de aço bruto foi de 2,8 milhões de toneladas, representando uma redução de 5,0% no que diz respeito ao mesmo mês de 2018 e as vendas internas recuaram 12,8% frente a junho de 2018 (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2019).

Em um estudo realizado pelo CBCA (2018), com cerca de 259 empresas, foi possível diagnosticar que todas as regiões do país possuem fabricantes de estruturas de aço, havendo uma frequência mais considerável na região Sudeste, com mais de 50% das empresas entrevistadas⁴. Na Figura 7 é evidenciado os principais tipos de obras em que são empregadas as estruturas de aço.

⁴ Com o estado de São Paulo concentrando mais de 1/3 dos fabricantes pesquisados.

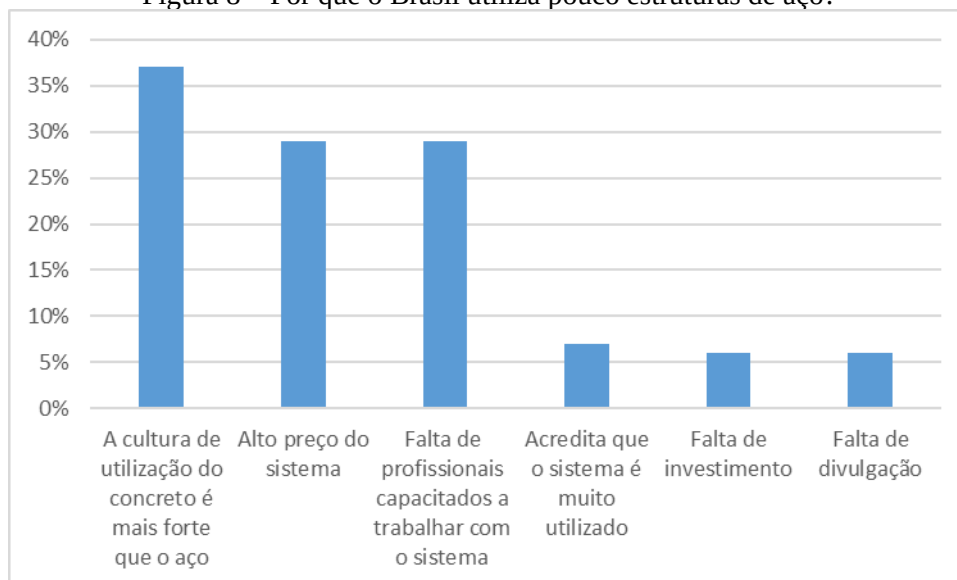
Figura 7 – Participação de estruturas de aço por tipos de obras (%)



Fonte: CBCA (2018)

A Figura 8 apresenta algumas das principais causas da maior evidencia de obras em concreto, no Brasil. Dentre elas, as que mais se destacaram foi o fato da cultura de utilização do concreto ainda ser mais forte, além do alto preço do sistema com aço e a falta de mão-de-obra qualificada a trabalhar com esse tipo de sistema estrutural.

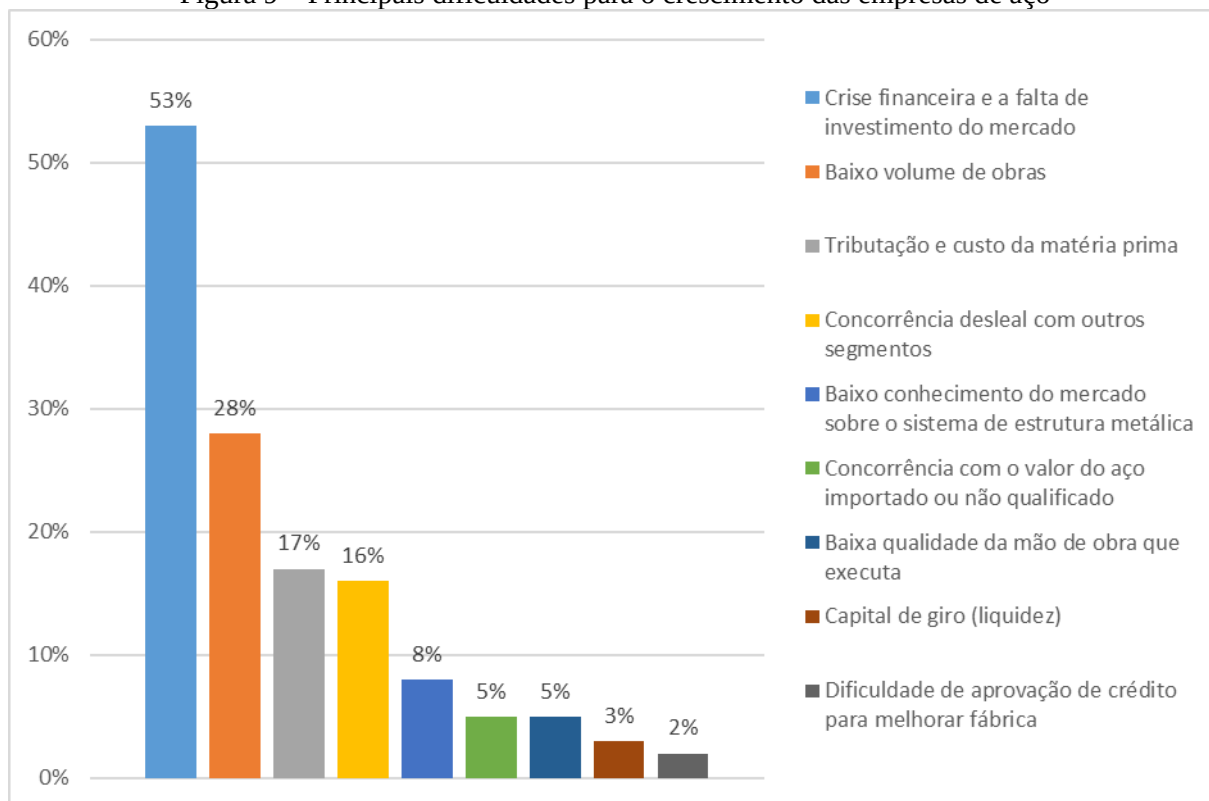
Figura 8 – Por que o Brasil utiliza pouco estruturas de aço?



Fonte: Adaptado de CBCA (2018)

Na Figura 9 é apontada as dificuldades predominantes para que as empresas de aço possam apresentar um crescimento considerável no país.

Figura 9 – Principais dificuldades para o crescimento das empresas de aço



Fonte: Adaptado de CBCA (2018)

Na visão dos fabricantes, o principal fator que dificulta o crescimento das empresas é a atual conjuntura econômica pela qual o país está enfrentando, com a crise financeira agravada pela falta de investimento no mercado. Consequentemente, como segundo item que interfere no progresso, aparece o baixo volume de obras, resultado da atual circunstância financeira do Brasil.

3 CONTEXTUALIZANDO A REGIÃO DE ESTUDO

Natal é um município brasileiro, capital do estado do Rio Grande do Norte, como mostra o Mapa 1, localizado na Região Nordeste do país e situada, aproximadamente, a 2.404,5 km da capital federal, Brasília.



Fonte: Viagem de Férias

Segundo o IBGE, possui uma área territorial de 167.401 km², densidade demográfica de 4.805,24 hab/km² e um crescimento populacional de 803.739, em 2010⁵, para 877.640 habitantes em 2018, sendo considerada a sexta capital mais populosa da Região Nordeste.

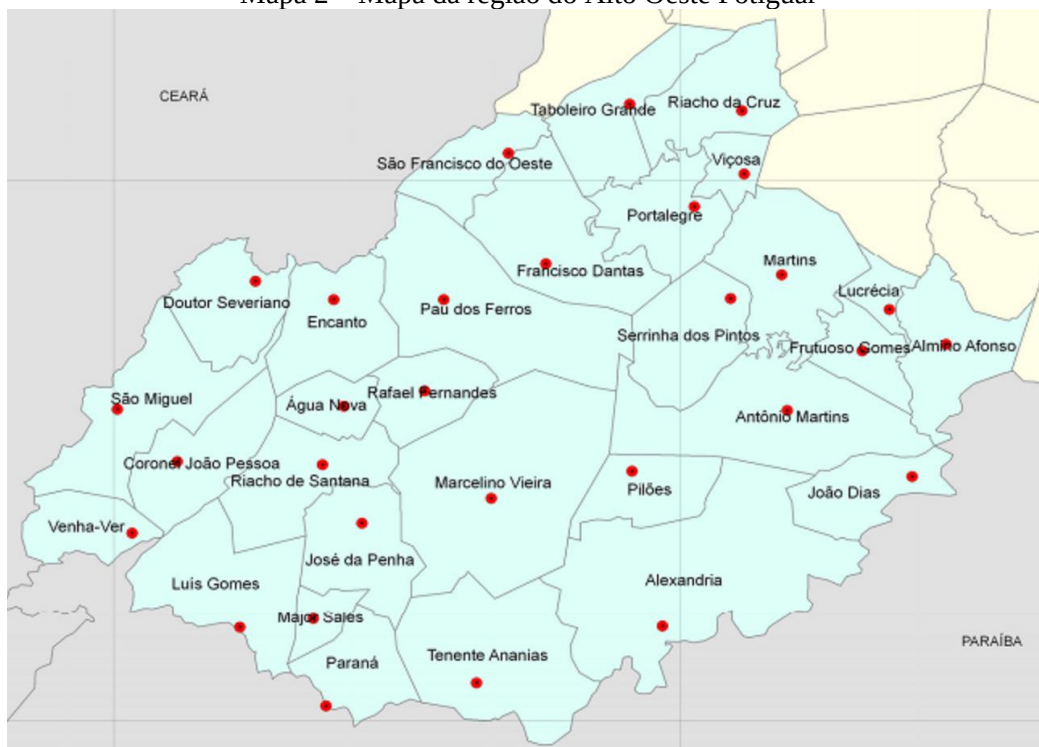
Sendo a porta de entrada das Américas, Natal é a sede brasileira mais próxima da Europa e da África onde, de acordo com o Governo do Brasil (2017), uma de suas principais atividades econômicas é o turismo, que junto com a exploração de petróleo e sal, sustentam a economia da cidade. Ademais, produtos de exportação, como café, cana-de-açúcar, coco e camarão, além do setor de hotelaria, também favorecem o setor econômico local.

O Alto Oeste Potiguar é uma região localizada no interior do Rio Grande do Norte, situada na mesorregião do Oeste do estado. A região é formada por trinta municípios, conforme indicado no Mapa 2, entre eles: Água Nova, Rafael Fernandes, São Francisco do Oeste, Portalegre, São Miguel, entre outros. Dentre estes, é possível destacar a cidade de Pau dos Ferros, sendo considerada a décima oitava mais populosa do estado, segundo o IBGE, é a primeira da microrregião (além de possuir um Hospital Regional e um grande polo

⁵ Ano do último censo realizado pelo IBGE.

educacional, com duas instituições superiores de ensino federais), com estimativa de que passem pela sede do município cerca de cinquenta mil pessoas por dia.

Mapa 2 – Mapa da região do Alto Oeste Potiguar



Fonte: Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável Alto Oeste Potiguar (2005)

Conforme o Perfil Territorial do Alto Oeste (2015) possuindo uma extensão de 4.045,95 km² e uma população total de, aproximadamente, 196.291 habitantes (sendo 127.158 habitantes na zona urbano e 69.133 na zona rural), sendo limitada ao norte pela região do Médio Oeste (Chapada do Apodi), a sul e a leste pela Paraíba e a oeste pelo Ceará.

4 METODOLOGIA

O trabalho foi realizado entre os municípios de Natal e Pau dos Ferros, principalmente, como também em cidades do interior (Mossoró) e região do Alto Oeste Potiguar (São Francisco do Oeste e Portalegre), localizados no estado do Rio Grande do Norte. Com o intuito de promover um levantamento e caracterização do mercado de estruturas de aço na região, além de identificar as formas de fabricação, materiais, metodologia de projeto e transporte de peças, buscando obter parâmetros significativos.

Para isso, o estudo foi baseado em: pesquisa entre os engenheiros civis, do município de Pau dos Ferros, a fim de saber se os mesmo já realizaram ou realizam projetos em aço; como é o mercado na região e quais as principais dificuldades encontradas ao realizar esses projetos; entrevista com os montadores das superestruturas com a finalidade de conhecer suas características, forma de trabalho e principais equipamentos utilizados; investigação e descoberta dos fornecedores de aço e perfis estruturais para as construções, com o enfoque em compreender os principais tipos de aço e perfis comercializados e as formas de transporte dos mesmos e, por fim, realizar ensaio de tração com três corpos de prova de aço, disponibilizado por um dos fabricantes, com o intuito de caracterizar sua resistência e descobrir suas propriedades mecânicas.

Segundo Gil (2008, p. 8) “para que um conhecimento possa ser considerado científico, torna-se necessário identificar as operações mentais e técnicas que possibilitam a sua verificação”. Em outras palavras, é preciso discernir os critérios que possibilitam chegar ao resultado final da pesquisa. Assim, o percurso metodológico deste trabalho consiste em um estudo comparativo, com levantamento de dados em fontes primárias (instituições de pesquisa, periódicos, revistas técnicas, dissertações, teses, entre outros) e secundárias (visita em obras, escritórios de engenharia, fornecedores e fabricantes, aplicação de questionários) com enfoque em dados quantitativos e qualitativos.

Para proporcionar uma base lógica de investigação, foi utilizado o método indutivo que, segundo Gil (2008), a pesquisa pode ser classificada desta forma quando o cientista parte de um caso particular com a finalidade de obter o conhecimento das causas, ou seja, parte do particular e através dessa coleta de dados generaliza para o todo, assim, parte-se da observação de fatos ou fenômenos cujas causas se deseja conhecer. Suas etapas são explicadas por Marconi e Lakatos (2003) onde, primeiramente, observam-se os fenômenos em estudo, em seguida comparam-se os fenômenos com a intenção de descobrir as relações entre eles e, por fim, faz-se a generalização dos fatos para a classificação.

Desta forma, foram aplicados questionários a três grupos distintos e específicos, sendo eles: 16 (dezesesseis) engenheiros civis do município de Pau dos Ferros; 5 (cinco) fabricantes de estruturas metálicas, sendo dois em Natal e três da região do Alto Oeste Potiguar (nas cidades de Pau dos Ferros, São Francisco do Oeste e Portalegre); e 4 (quatro) fornecedores de perfis estruturais em aço, sendo eles, três da capital Natal e um de Mossoró. O estudo foi realizado durante os meses de maio e julho, do ano de 2019, consistindo em visitas a campo e entrevistas com os engenheiros civis e fabricantes enquanto que, devido a logística, os fornecedores de perfis foram entrevistados via ligação telefônica.

Foi obtido no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), Inspetoria Regional de Pau dos Ferros, o número de 40 profissionais com nível superior em engenharia civil com situação de cadastro e registro ativo no município (ver Anexo A), no período compreendido entre 01/01/2014 até 31/07/2019.

Na confecção dos corpos de prova, foi utilizado perfil de aço laminado do tipo U, conforme a Figura 10.



Fonte: Autor (2019)

Após o corte e acabamento das peças metálicas, de acordo com a Figura 11, os moldes foram enviados a Natal, para análise no laboratório de resistência dos materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, sendo submetidos a ensaio destrutivo uniaxial de tração, em que o formato dos corpos de prova e o ensaio seguiram as diretrizes da norma ASTM E-8M.

Figura 11 – Corpos de prova para ensaio de tração



Fonte: Autor (2019)

Por fim, será realizado um comparativo entre os dados coletados e a base teórica por trás desse assunto para avaliarmos e caracterizarmos o mercado de estruturas metálicas na região do Alto Oeste Potiguar.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das visitas realizadas e aplicação de questionários aos fornecedores, fabricantes e engenheiros civis foi possível efetuar um diagnóstico, através da análise dos mesmos, a fim de conseguir uma caracterização das empresas examinadas, além de identificar o nível de conhecimento dos profissionais da área da construção civil, do município de Pau dos Ferros/RN, com relação as estruturas metálicas.

Através das informações obtidas pelos entrevistados, como também por observações constatadas nas visitas, averiguou-se inicialmente informações sobre o consumo de material, linha de produtos, transporte e qualificação da mão-de-obra dos fabricantes; os principais tipos de aço, perfis disponibilizados e como é realizada a logística para entrega das peças, por partes dos fornecedores; como também o tempo de graduado, quantidade de disciplinas profissionalizantes na área de estruturas, os principais motivos para maior evidência de construções em concreto, na opinião dos engenheiros civis, a cidade de cadastro do CREA e setor de atuação em que trabalham.

Devido a pequena quantidade da amostra de fornecedores e fabricantes, as conclusões obtidas nesta pesquisa não representam a realidade do estado do Rio Grande do Norte como um todo, assim como a realidade da região do Alto Oeste Potiguar, apenas referindo-se as empresas analisadas.

5.1 FORNECEDORES

Dentre os fornecedores estudados, três estão localizados em Natal e apenas um em Mossoró, além disso, 75% destas empresas já são consolidadas no comércio norte-rio-grandense, possuindo mais de 10 anos no mercado, sendo fundadas, respectivamente, nos anos de 1988, 1994 e 2008. Um dos provedores possui pouco tempo de comercialização, sendo fundado no ano de 2016. Não foi localizado nenhum fornecedor na região do Alto Oeste como também em nenhum outro município interiorano, evidenciando a pouca quantidade ou até mesmo a inexistência de fornecedores de estruturas metálicas no interior do estado.

Com relação ao tipo de aço que suas empresas disponibilizam, foi possível observar uma pequena variedade na tipologia dos mesmos. O aço ASTM A36 foi o mais frequente, sendo citados por 75% dos empreendimentos entrevistados, além dele, outro tipo de aço informado foi o ASTM A572.

No que diz respeito aos perfis estruturais metálicos, os mais citados foram os tipos I e U, sendo frequente na resposta de três dos fornecedores, enquanto que o quarto entrevistado não fornece os perfis, apenas as estruturas prontas (completas). Além destes, também foram abordados os perfis T (com uma e duas almas), tubulares e cantoneiras. No que está relacionado a forma de transporte dos materiais até o comprador, 50% efetua o deslocamento de forma terceirizada, por meio de transportadoras. Em contrapartida, os outros 50% possuem frota própria para as entregas, entretanto, dependendo da demanda ou do carregamento, existe a possibilidade de terceirização dos serviços. No tocante dos principais destinos de seus fornecimentos de materiais foram citadas, principalmente: Natal, cidades vizinhas a capital, Mossoró, Pau dos Ferros, Apodi e outros estados da Região Nordeste.

5.2 FABRICANTES

A Tabela 2 apresenta algumas características gerais a respeito dos fabricantes de estruturas metálicas analisados, localizados na capital e na região do Alto Oeste Potiguar.

Tabela 2 – Dados gerais dos fabricantes

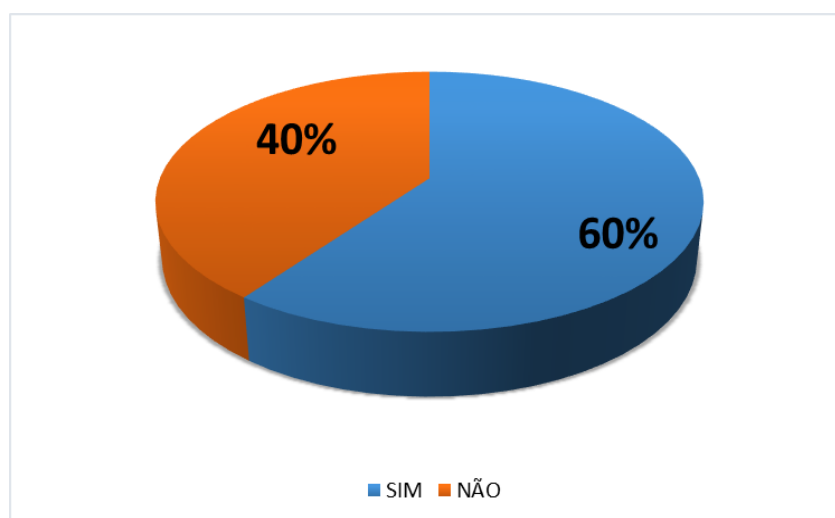
Fabricantes	Localidade	Ano de Fundação	Nº de Funcionários
1	São Francisco do Oeste	1997	4
2	Natal	1988	20
3	Natal	2016	Não possui um número fixo
4	Pau dos Ferros	2001	3
5	Portalegre	1984	3

Fonte: Autor (2019)

Vale salientar que os fabricantes localizados em Natal possuem um porte mais elevado e um aparato de material e mão-de-obra maior do que os localizados no interior, uma vez que, estes possuem um espaço pequeno, em alguns casos, sem condições salubres, sem atentar-se a segurança no trabalho ou, como no caso dos fabricantes 1 e 5, trabalham em galpões feitos em suas próprias casas.

Tendo em consideração o consumo de material e a relação com o cliente, o Gráfico 1 retrata se existe a periodicidade nas contratações dos entrevistados.

Gráfico 1 – Periodicidade nas contratações



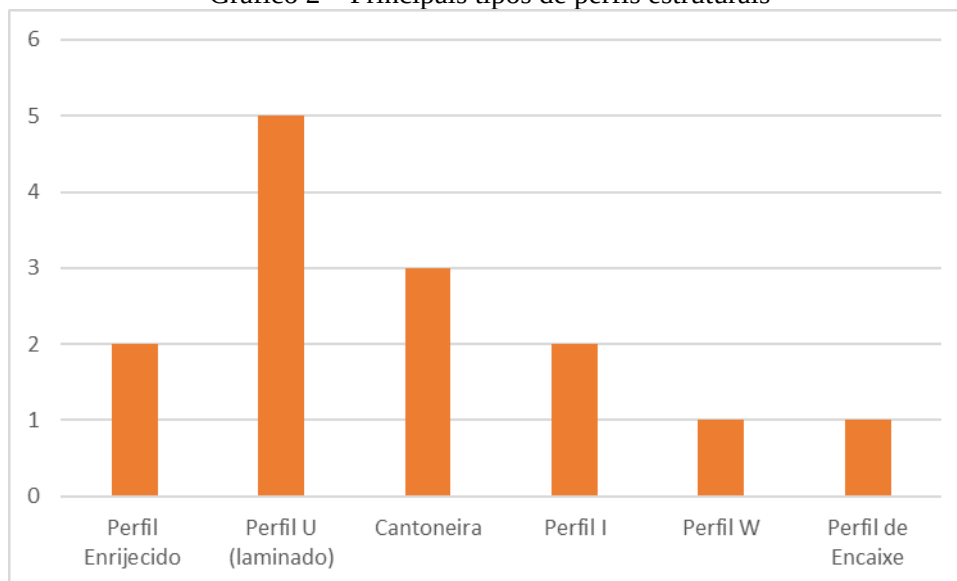
Fonte: Autor (2019)

Em concordância com o Gráfico 1, dois dos fabricantes afirmam que não existe uma periodicidade na contratação de seus serviços, podendo aparecer demanda no decorrer de qualquer época do ano, enquanto que os demais comunicaram que são demandados mensalmente (entrevistado 1), geralmente no segundo semestre (entrevistado 5) e outro foi mais específico (entrevistado 2) afirmando que, na indústria, o mercado é aquecido entre os meses de maio a novembro a medida que, no setor da construção, a procura é contínua. Quando indagados sobre os principais contratantes de seus serviços, as respostas variam desde engenheiros civis, construtoras, comerciantes, indústrias, particulares até mesmo órgãos públicos.

Para todo tipo de estrutura (seja ele em concreto, aço, madeira ou qualquer material), é indispensável o projeto estrutural. Nesta perspectiva, 100% dos entrevistados afirmaram que exigem projeto para execução das superestruturas, entretanto, quando indagados a respeito do nível de detalhamento, o fabricante 3 não respondeu e os fabricantes 1 e 4 informaram que solicitam apenas a planta baixa. Em contrapartida, os fabricantes 2 e 5 exigem um nível mais elevado de detalhes, incluindo: tipo de aço, perfil, qual tipo de ligação, tratamento superficial, bitola dos parafusos, etc.

No que diz respeito a linha de produtos utilizados para execução das estruturas metálicas, o Gráfico 2 apresenta os principais tipos de perfis estruturais informados pelos fabricantes em estudo.

Gráfico 2 – Principais tipos de perfis estruturais



Fonte: Autor (2019)

Em consonância com o Gráfico 2, foi notório o destaque para o perfil do tipo U laminado, sendo utilizado por 100% dos fabricantes. Em seguida, o mais utilizado é o perfil cantoneira, sendo frequente na resposta de três dos entrevistados. O perfil W e de encaixe foram os que tiveram menor frequência, sendo utilizados apenas por um fabricante. Além disso, outros perfis como os dobrados a frio e soldados não foram citados por ninguém. Um fato preocupante é que apenas os fabricantes 2 e 3 souberam informar qual o aço utilizado nesses perfis estruturais, sendo eles: o ASTM A36 utilizado pelo fabricante 3, e os aços ASTM A36 para as chapas e o ASTM A572 para perfis laminados, utilizados pelo fabricante 2. Os demais não souberam indicar qual o aço empregado na composição de seus perfis fato este que, somado a pouca quantidade de detalhes exigidos nos projetos, podem acarretar na execução de estruturas com pouco grau de confiabilidade, no ponto de vista estrutural.

A cerca do transporte das estruturas, os fabricantes 1 e 5 informaram possuir frota própria para realização dos fretes até o local da execução, podendo transportar peças de 6 até 8 metros, com uma capacidade de carga de até 8 toneladas. Em contrapartida, os fabricantes 2, 3 e 4 não possuem veículos próprios, realizando a entrega das estruturas através de transporte terceirizado (transportadoras), com a possibilidade do deslocamento de peças com até 12 metros e cargas máximas de até 25 toneladas, com auxílio de caminhões munck.

Quanto a periodicidade das entregas, o fabricante 1 informou que executa entregas quinzenais, o 3 entregas mensais, enquanto que 2, 4 e 5 não responderam a respeito da constância das remessas. Como a maior parte dos entrevistados utilizam transportadoras para

efetuarem as entregas, o valor cobrado pelo mesmo, varia de cada empresa, não sendo informado um valor fixo solicitado. Contudo, por possuírem frota própria, o entrevistado 1 comunicou que cobra apenas o valor da gasolina para as entregas enquanto que o entrevistado 5 orça o valor do frete incluído juntamente com o orçamento da mão-de-obra.

Levando em conta a qualificação técnica dos proprietários, apesar de todos possuírem pelo menos 18 anos de mercado⁶, quatro noticiaram não possuir nenhum nível técnico/profissionalizante na área estrutural com perfis metálicos em que, nesta realidade, apenas um comunicou possuir nível superior na área de engenharia mecânica, porém, os demais expressaram ter aprendido todo o conhecimento que sabem hoje na prática. No que se refere aos colaboradores, o fabricante 3 não disponibilizou informações condizentes a qualificação técnica do seu corpo de trabalho, os fabricantes 4 e 5 trata-se de negócios familiares, logo, seus colaboradores são pessoas da própria família.

O último parâmetro avaliado, referente aos fabricantes, foi o porte de suas empresas na qual as informações estão presentes na Tabela 3.

Tabela 3 – Porte e capital social dos fabricantes

Fabricantes	Capital Social (R\$)	Porte	Valores médios de projetos (R\$)
1	20.000,00	Microempreendedor (ME)	Entre 25 e 40 mil
2	80.000,00	Empresa de Pequeno Porte (EPP)	NR
3	200.000,00	Microempreendedor (ME)	NR
4	NR	NR	Entre 10 e 15 mil
5	-	-	Entre 30 e 40 mil

Fonte: Autor (2019)

Pelo fato de não possuir CNPJ, o fabricante 5 não possui cadastro na Receita Federal, desta forma, não pode ser classificado quanto ao porte, muito menos informado o capital social. Ao ser entrevistado e indagado sobre a ausência do registro, o proprietário alegou o fato de sua cidade ser pequena, existir pouca (ou inexistência) de fiscalização, além dos custos para abertura e manutenção da formalidade.

Os fabricantes 1 e 3 possuem o mesmo porte, sendo classificados como microempreendedores (ME), contudo, o fabricante 2 é designado como sendo uma empresa de pequeno porte (EPP). O fabricante 4 informou possuir CNPJ, porém, não disponibilizou os dados nem informações a respeito do porte de sua empresa. Segundo Sebrae Nacional (2019),

⁶ Com exceção do entrevistado 3 que não respondeu à pergunta referente ao tempo de mercado de sua empresa.

uma microempresa trata-se de uma sociedade empresária, sociedade simples, empresa individual de responsabilidade limitada e o empresário, devidamente registrados nos órgãos competentes, que aufera em cada ano, uma receita bruta igual ou inferior a R\$ 360.000,00. Já uma empresa de pequeno porte não perderá o seu enquadramento se obter adicionais de receitas de exportação com valores de receita bruta anual superior a R\$ 360.000,00 e igual ou inferior a R\$ 4.800.000,00.

Referente aos valores médios de projetos que são executados, os entrevistados 2 e 3 não quiseram responder. O 1º informou executar estruturas com valores entre R\$ 25 e 40 mil reais, tendo como obra mais onerosa uma no valor de R\$ 76.000,00. O 5º afirmou que realiza projetos com orçamento entre R\$ 30 e 40 mil reais, sendo o valor de R\$ 60.000,00 a maior quantia recebida pela execução de um projeto. O 4º comunicou que suas estruturas variam entre R\$ 10 e 15 mil reais, sendo a maior delas uma realizada há pouco tempo, no valor de R\$ 25.000,00.

5.3 ENGENHEIROS CIVIS

De acordo com o Anexo A, disponibilizado pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Norte (CREA-RN), a Inspeção de Pau dos Ferros consta com o número de 40 (quarenta) cadastros, entre o período compreendido entre 01/01/2014 até 31/07/2019, possuindo registro definitivo profissional, de nível superior (diplomando no país), com situação “ativo” e registrado no estado do Rio Grande do Norte, no município de Pau dos Ferros. Desses cadastros ativos, foi retirada uma amostra de 16 profissionais, compreendendo 40% deste total, para estudo neste trabalho. A Tabela 4 apresenta o ano de conclusão da graduação dos engenheiros civis considerados.

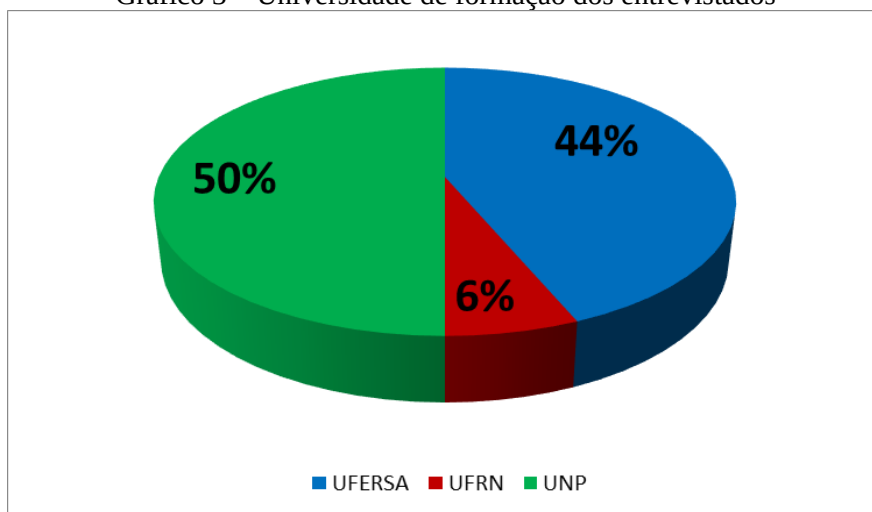
Tabela 4 – Ano de conclusão da graduação em Engenharia Civil

Ano de conclusão	Frequência
1999	1
2010	1
2011	1
2014	5
2015	1
2016	3
2017	2
2018	2
Total	16

Fonte: Autor (2019)

Em consonância com a Tabela 4, foi possível perceber que 31,3% dos entrevistados tornaram-se engenheiros civis no ano de 2014, tendo assim, 5 anos de exercício da profissão. Enquanto isso, o mais experiente possui 20 anos de graduado, chegando a concluir o curso no ano de 1999, ao mesmo tempo que os dois mais recentes concluíram o ensino superior em 2018, possuindo em torno de um ano de graduado. No Gráfico 3 é evidenciado as instituições responsáveis por conceder o título de engenheiro civil aos profissionais em análise.

Gráfico 3 – Universidade de formação dos entrevistados

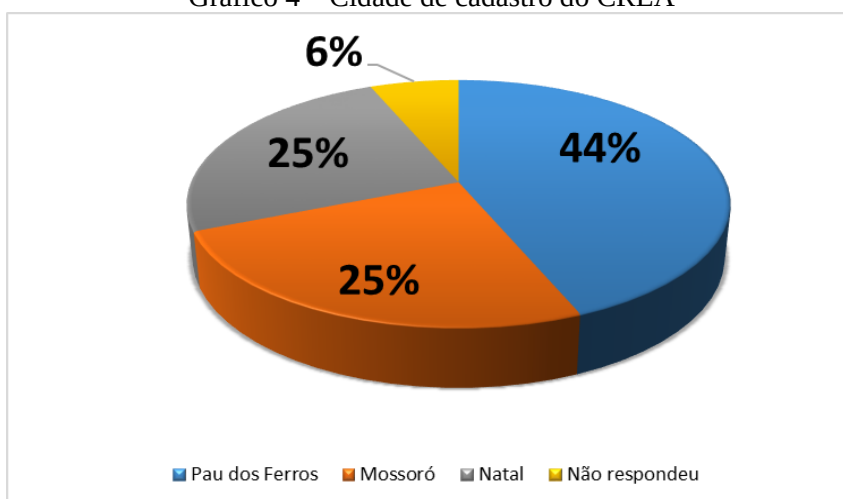


Fonte: Autor (2019)

Conforme o gráfico 3, foi possível perceber que 50% dos entrevistados são graduados pela Universidade Potiguar (UNP), sendo cinco pelo campus de Mossoró e três pelo campus principal, em Natal. Dos egressos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), totalizando sete entrevistados, quatro são do campus de Pau dos Ferros enquanto que três são do campus de Mossoró. Apenas um dos engenheiros não é formado por nenhuma destas instituições de ensino, adquirindo a graduação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Diante disto, a cidade de Mossoró foi responsável pela formação de 50% dos engenheiros civis estudados nesta pesquisa.

O Gráfico 4 apresenta a cidade onde o CREA dos engenheiros está cadastrado.

Gráfico 4 – Cidade de cadastro do CREA

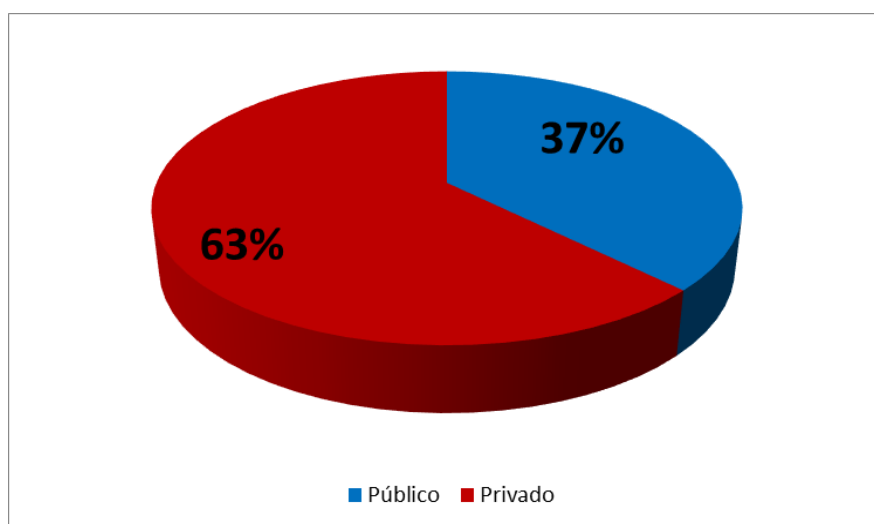


Fonte: Autor (2019)

A maioria cadastrou seu registro no município de Pau dos Ferros, fato este que pode ser comprovado pela presença do curso de engenharia civil, no campus em questão, e pelo fato da cidade possuir uma inspetoria do CREA. Assim, ao concluir a graduação, os egressos não precisam se deslocar para outras localidades para darem entrada em suas respectivas carteiras.

O Gráfico 5 apresenta a área de atuação em que os respectivos profissionais trabalham.

Gráfico 5 – Área de atuação



Fonte: Autor (2019)

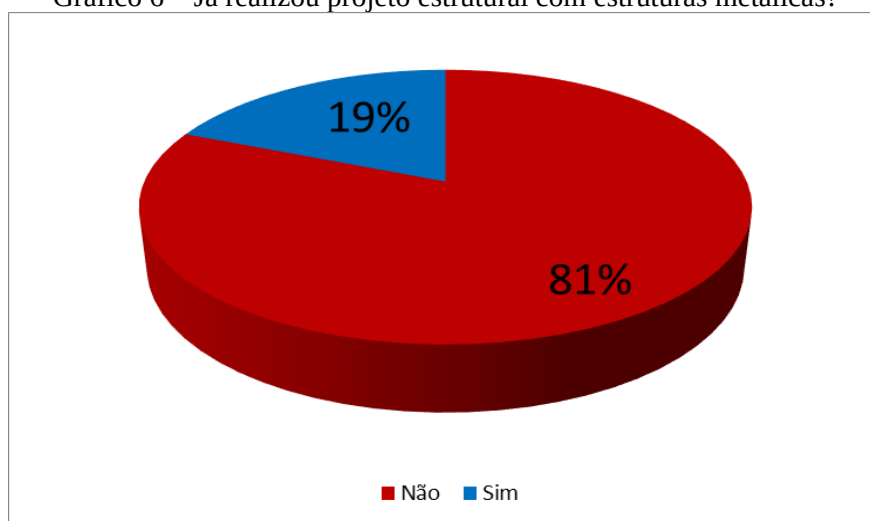
Dentre os dezesseis engenheiros civis, eles podem ser divididos em dois grupos: os que atuam no setor privado, totalizando um número de dez profissionais, e os que atuam no setor público, representando seis profissionais, dentre eles, dois atuam na Prefeitura

Municipal de Pau dos Ferros enquanto que os outros quatro desempenham suas atribuições como engenheiros civis na área acadêmica, em uma instituição pública de ensino superior.

Quando indagados no que diz respeito a possuírem especialização no âmbito estrutural, aproximadamente, 94% afirmou não possuir especialização nessa área, apesar de alguns possuírem especialização em outros setores da engenharia civil ou até mesmo títulos mais elevados, como mestrado ou doutorado.

O Gráfico 6 retrata a realização de projetos estruturais com estruturas metálicas por parte dos entrevistados.

Gráfico 6 – Já realizou projeto estrutural com estruturas metálicas?



Fonte: Autor (2019)

Pode-se constatar que a maioria (treze engenheiros) nunca realizou este tipo de projeto. Entretanto, apesar de apenas um possuir especialização, três dos entrevistados já executaram projeto estrutural com estruturas metálicas.

A Tabela 5 mostra um comparativo entre a quantidade de disciplinas, de concreto e aço, estudadas durante a graduação pelos entrevistados, destacou-se ainda suas respectivas porcentagens referentes ao total de cadeiras profissionalizantes na área estrutural.

Tabela 5 – Comparativo entre disciplinas profissionalizantes da área estrutural, durante a graduação

Tabela 5 – Comparativo entre disciplinas profissionais da área estrutural, durante a graduação						
Profissional	Disciplinas				Maioria	Nº de disciplinas da área estrutural
	CONCRETO		AÇO			
1	2	66,7%	1	33,3%	Concreto	3
2	3	75,0%	1	25,0%	Concreto	4
3	2	66,7%	1	33,3%	Concreto	3
4	4	80,0%	1	20,0%	Concreto	5
5	3	75,0%	1	25,0%	Concreto	4
6	4	80,0%	1	20,0%	Concreto	5
7	2	66,7%	1	33,3%	Concreto	3
8	4	66,7%	2	33,3%	Concreto	6
9	2	66,7%	1	33,3%	Concreto	3
10	3	75,0%	1	25,0%	Concreto	4
11	2	66,7%	1	33,3%	Concreto	3
12	2	66,7%	1	33,3%	Concreto	3
13	3	75,0%	1	25,0%	Concreto	4
14	2	66,7%	1	33,3%	Concreto	3
15	2	66,7%	1	33,3%	Concreto	3
16	3	75,0%	1	25,0%	Concreto	4

Fonte: Autor (2019)

O profissional 8 foi o que, dentro de sua grade curricular, estudou mais disciplinas da área estrutural, sendo o único a estudar seis disciplinas durante a graduação, sendo também o único a pagar duas disciplinas de estruturas de aço. Todos os profissionais tiveram uma maior carga horária de estudo em concreto, na qual é possível destacar o profissional 6, apresentando 80% de suas disciplinas estruturais apenas de concreto. Foi unânime entre os entrevistados que as obras em concreto são mais comuns que obras em aço. Todavia, apesar da maioria reconhecer a maior utilização do concreto e todos terem estudado mais concreto, durante a graduação, os dados desta pesquisa não são suficientes para garantir que exista uma correlação entre essas variáveis, ou seja, estudar mais uma determinada área não necessariamente faz tendenciar o profissional na atuação, em maior parte, nesta área.

Dentre as principais causas citadas pelos entrevistados para o maior número de obras em concreto, é possível destacar: falta de fornecedores de aço, logística inviável para a região, além do frete caro, tornando mais fácil a obtenção do concreto; mão-de-obra para o concreto ser mais barato, pelo fato de não necessitar de qualificação, além da escassa quantidade de profissionais com qualificação para estruturas metálicas na localidade e cidades próximas; fatores regionais e culturais, a cultura do concreto ser bem mais forte e difundida, fora a carência de tecnologias adequadas; menor custo do concreto. Fora essas, também foram

citados fatores como a construção em aço ainda ser limitada, prevalecendo métodos tradicionais; o fato do concreto ser melhor para grandes alturas; melhor trabalhabilidade do concreto; questões estéticas; pouco planejamento, maior durabilidade, além de uma maior confiabilidade para o concreto.

Também foi unânime entre os engenheiros analisados o conhecimento das vantagens das estruturas metálicas, sendo os benefícios mais citados: a rapidez na execução da obra, a capacidade de vencer grandes vãos, as obras em aço serem mais baratas e mais leves, além de possuírem uma maior resistência. Além destas, outras vantagens também foram citadas, tais como: maior controle de qualidade, o aço ser mais seguro, devido o menor peso consequentemente gera uma menor carga nas fundações, menor necessidade de água, obra mais limpa, maior versatilidade das estruturas metálicas, durabilidade e ductibilidade do aço.

Certas características importantes não foram mencionadas por nenhum dos entrevistados, como: maior área útil, pelo fato dos pilares e vigas em aço serem mais esbeltas, resultando em melhor aproveitamento do espaço interno e aumento da área útil (fator importante para garagens); flexibilidade, sendo obras em aço indicadas onde há necessidade de adaptações, ampliações, reformas e mudanças de ocupação em edifícios; compatibilidade com outros materiais, pois o sistema construtivo em aço é perfeitamente compatível com qualquer tipo de material de fechamento; reciclabilidade, devido ao aço ser 100% reciclável e as estruturas podem ser desmontadas e reaproveitadas com menor geração de rejeitos; dentre outras.

5.4 ENSAIO DE TRAÇÃO COM PERFIL METÁLICO

A Tabela 6 apresenta os valores das tensões máximas resistidas pelos corpos de prova, após a realização do ensaio de tração.

Tabela 6 – Tensões e deslocamentos máximos

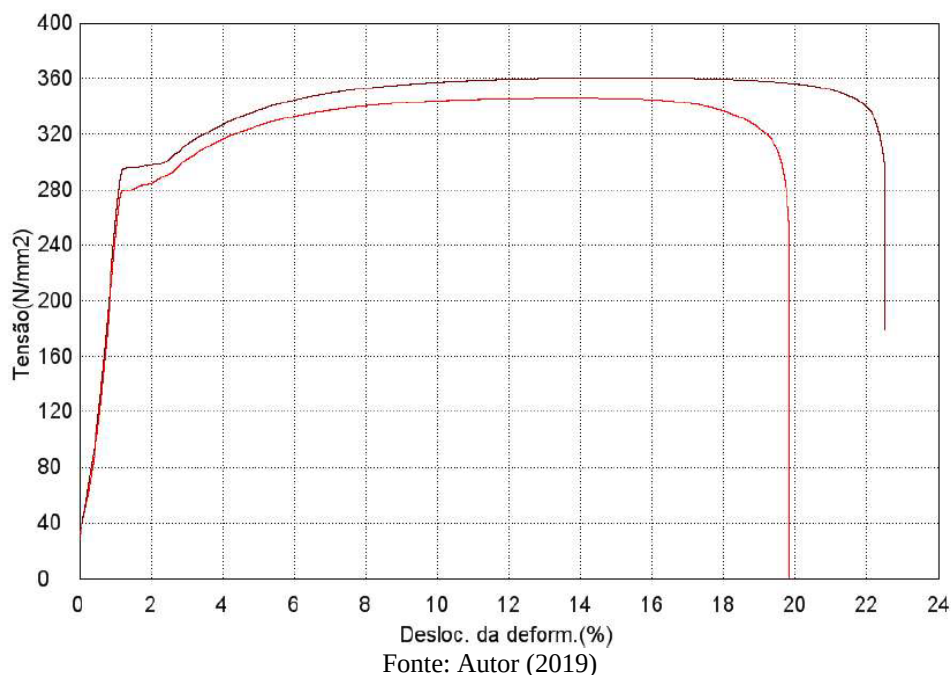
Corpo de Prova	Tensão Máxima (MPa)	Deslocamento Máximo (%)
1	345,976	13,61
2	360,373	14,99
3	-	-

Fonte: Autor (2019)

Não foi possível a realização do ensaio no corpo de prova 3, devido o mesmo apresentar empenamento, impossibilitando o encaixe na máquina de tração. Desta forma, realizando uma média aritmética entre os demais corpos ensaiados, foi possível chegar ao valor de 353,17 MPa para a tensão máxima resistida por este perfil metálico.

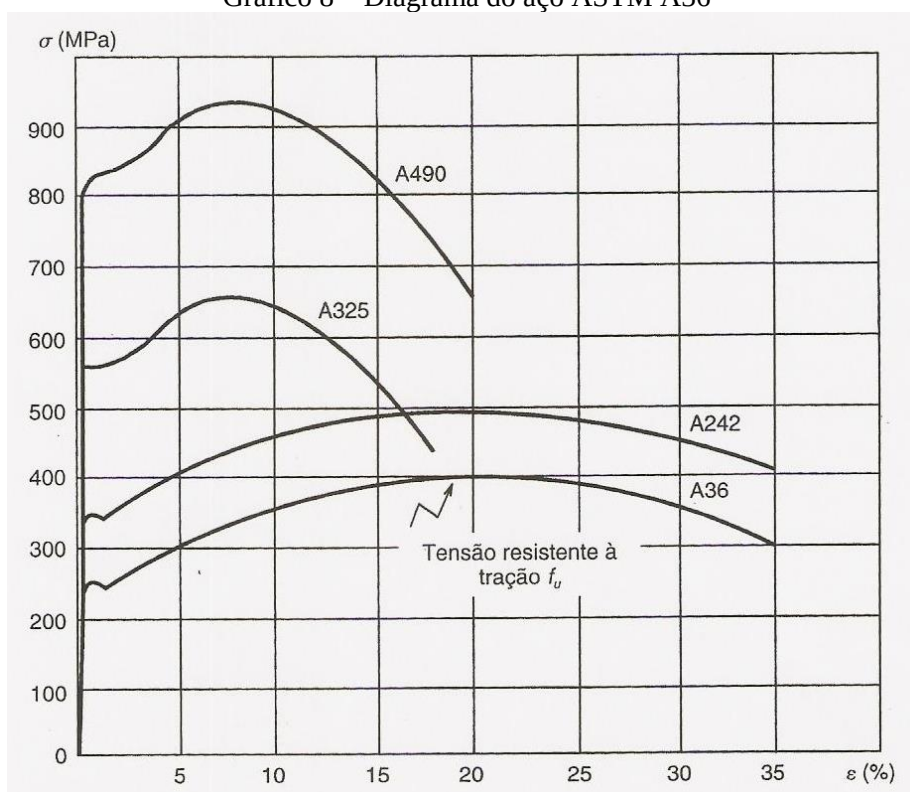
O gráfico 7 apresenta o comportamento do diagrama tensão x deformação do material analisado.

Gráfico 7 – Diagrama tensão x deformação dos perfis estudados



De acordo com o gráfico, foi possível perceber que o material apresentou resistência ao escoamento (f_y) de, aproximadamente, 290 MPa. A partir desse valor, tem-se início a criação de um patamar de escoamento bem definido, onde o material sofre uma grande deformação, até atingir a resistência máxima a ruptura, apresentando comportamento semelhante ao aço ASTM A36, conforme o Gráfico 8.

Gráfico 8 – Diagrama do aço ASTM A36



Fonte: Cattani e Van Riel (2009)

Ao comparar os Gráficos 7 e 8, foi possível perceber que o comportamento do diagrama dos corpos de prova analisados é semelhante ao do diagrama do aço ASTM A36, comprovando realmente o uso deste material, como afirma o fabricante que disponibilizou o perfil metálico.

6 CONCLUSÃO

Durante o desenvolvimento deste trabalho observou-se que só foi conseguida a localização de fornecedores nas cidades de Natal e Mossoró, não sendo encontrados pelo autor, outros distribuidores de estruturas metálicas em municípios do interior ou na região do Alto Oeste, evidenciando pouca quantidade ou até mesmo a inexistência dos mesmos. Cerca de 75% da amostra em estudo possui mais de 10 anos no mercado potiguar, entretanto, não apresentam grande variedade de aços disponíveis, sendo o ASTM A36 e ASTM A572 os únicos citados. Os perfis do tipo I e U foram explanados como os mais vendidos e o transporte dessas estruturas é realizado através de frota própria ou terceirizada.

No que se refere aos fabricantes, foi possível determinar a presença dos mesmos na região do Alto Oeste Potiguar. Entretanto, os localizados em Natal possuem maior porte e capital social que os do interior, sendo que um trabalha na informalidade, não possuindo CNPJ. Os principais clientes destes trabalhadores variam desde pessoa física, jurídica e o estado, existindo periodicidade entre as contratações, sendo de forma contínua no setor da construção e, entre os meses de maio e novembro, pelo setor industrial, como informado pelo entrevistado 2. No entanto, dois dos fabricantes analisados discordam, afirmando não haver periodicidade constante.

O perfil do tipo U laminado aparece como o mais utilizado para a execução das estruturas metálicas. A grande maioria dos fabricantes não possui qualificações técnicas, na área estrutural, e afirmaram que obtiveram o conhecimento apenas na prática. Também foi possível a constatação que somente dois fabricantes conhecem o tipo de aço que trabalham (citando o ASTM A36 e ASTM A572) e exigem níveis consideráveis de detalhamentos no projeto. Os valores médios de projetos já executados variam entre R\$ 10 e 40 mil reais, sendo o mais caro alcançando o valor de R\$76 mil reais, realizado pelo entrevistado 1.

Com relação aos engenheiros civis, o mais novo possui 1 ano de graduação, o mais velho 20 anos, porém, a maioria foi graduada no ano de 2014, dentre eles: 50% é formada pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido e possui CREA ativo na inspetoria de Pau de Ferros; 93,8% não tem especialização na área estrutural e 81,3% nunca realizou projeto estrutural com estruturas de aço. Foi unânime, na opinião dos interrogados, que o estudo de concreto é predominantemente superior ao aço, durante a graduação. Além disso, todos declararam conhecer as vantagens das estruturas metálicas, apesar de afirmarem frequência consideravelmente maior das obras em concreto, possuindo como principais condicionantes: a

logística inviável e falta de fornecedores de aço na região, mão-de-obra barata do concreto, fatores regionais e culturais.

A realização do ensaio de tração mostrou-se de grande importância, pois foi possível perceber que o valor obtido para a tensão máxima resistida foi inferior ao valor esperado para a resistência a ruptura, conforme a Tabela 1 que consta nesse trabalho, evidenciando assim, que o material estudado não apresenta uma resistência satisfatória para este ensaio. Além disso, foi possível constatar que o aço realmente se trata de um ASTM A36, conforme afirma o fabricante.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. **Alumínio: Processos de produção - Laminação**. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://abal.org.br/aluminio/processos-de-producao/laminacao/>. Acesso em: 10 maio 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO 6892-1:2013 – Materiais metálicos – Ensaio de Tração Parte 1: Método de ensaio à temperatura ambiente**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASTM. **E8/E8M – 15a. Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials**. Pennsylvania: ASTM, 2015.

BARBOSA, Paulo Henrique Pires. **Plataforma didática para atividades práticas em resistência dos materiais - Ensaio de tração**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia e Manutenção Eletromecânica Industrial) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2014.

BAYER, Paulo Sérgio. Ensaio dos Materiais. **Curso de técnico em mecânica concomitante ao ensino médio**, Joinville, p. 1-22. 2019.

CALLISTER JR., W. D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 5ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

CATTANI, Daniela Tonial; VAN RIEL, Marli. **Perfil I**. Engenharias & Engenharia, 2009. Disponível em: <http://perfil-i-santa-teresinha.blogspot.com/>. Acesso em: 21 ago. 2019.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO (CBCA). **A Fabricação e a Montagem da Estrutura Metálica**. Brasília. 2015. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticias-detalhes.php?cod=7150>. Acesso em: 23 jun. 2019.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO (CBCA). **Cenário dos fabricantes de estrutura de aço**. Brasília. 2018. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br>. Acesso em: 16 abr. 2019.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO (CBCA). **Construção em Aço - Vantagens**. Brasília, 2019. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-vantagens.php>. Acesso em: 1 ago. 2019.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO (CBCA). **Estrutura metálica é aposta na construção**. Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticias-detalhes.php?cod=7072>. Acesso em: 4 ago. 2019.

CORTEZ, Lucas Azevedo da Rocha *et al.* Uso das Estruturas de Aço no Brasil. **Cadernos de Graduação**, Alagoas, 2017.

DALCIN, Gabrieli Bortoli. **Ensaio dos Materiais**. Santo Ângelo. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 2007.

FAKURY, Ricardo H.; CASTRO E SILVA, Ana Lydia R.; CALDAS, Rodrigo
B. Dimensionamento de Elementos Estruturais de Aço e Mistos de Aço e Concreto. São Paulo: Pearson, 2016.

FERRAZ, Henrique. O aço na construção civil. **Revista eletrônica de ciências**, São Paulo, p. 1-16, 6 mar. 2005. Disponível em:
<https://www.ft.unicamp.br/~mariaacm/ST114/O%20A%C7O%20NA%20CONSTRU%C7%C3O%20CIVIL.pdf>. Acesso em: 10 maio 2019.

FREITAS, Arlane Maria Sarmanho; CRASTO, Renata Cristina Moraes. **Steel Framing:** Arquitetura. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.

GARCIA, A. et tal. **Ensaaios dos Materiais.** Rio de Janeiro – RJ: Editora LTC, 2000.
GIL, A. C. (1987). **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6 ed. São Paulo: Atlas S. A., 2008. 200 p.

GOVERNO DO BRASIL. **Natal.** Brasília, 2017. Disponível em:
<http://www.brasil.gov.br/noticias/esporte/2010/07/natal>. Acesso em: 26 jul. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Informações municipais.** Natal/RN, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Informações municipais.** Pau dos Ferros/RN, 2017.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Consumo de aço deve crescer só 2% este ano.** Brasília, 2019. Disponível em: http://www.acobrasil.org.br/site2015/noticia_interna.asp?id=14615. Acesso em: 4 ago. 2019.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Estatística preliminar.** Brasília, 2019. Disponível em:
http://www.acobrasil.org.br/site/arquivos/estatisticas/ESTATIS%20PDF/Preliminar_Julho_2019_996791467.pdf. Acesso em: 4 ago. 2019.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Processo siderúrgico.** Rio de Janeiro, 2015. Disponível em:
<http://www.acobrasil.org.br/site2015/processo.html>. Acesso em: 9 mai. 2019.

KLEINA, Mário Sergio Mandú; CASEKER, Milena Portes. **Instabilidade por distorção de perfis de aço formados a frio, avaliação analítica e experimental.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MARCONI, M de A.; LAKATOS, E. V. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 5 ed. São Paulo: Altas S. A., 2003. 311 p.

OLIVEIRA, Fernando Nascimento; SOLLETO, Luiz Paulo Vervloet. Consumo de aço no Brasil: um modelo baseado na técnica da intensidade do uso. **Trabalhos para Discussão - Banco Central do Brasil**, Brasília, 2014.

PFEIL, Walter. **Estruturas de Aço: Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008.** Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PINHO, Mauro Ottoboni. **Manual de Construção em Aço: Transporte e Montagem**. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), 2018.

PRAVIA, Zacarias M. Chamberlain; DREHMER, Gilnei Artur. Grupo de Pesquisa: Análise e Experimentação de Estruturas Metálicas e de Madeira. **Universidade de Passo Fundo**, Rio Grande do Sul, 2004.

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL. **Perfil Territorial do Alto Oeste – RN**. 2015. Disponível em:
http://sit.mda.gov.br/download/caderno/caderno_territorial_134_Alto%20Oeste%20-%20RN.pdf. Acesso em: 26 jul. 2019.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. **Lei geral das micro e pequenas empresas**. 2019. Disponível em:
<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/artigosLeis/entenda-as-diferencas-entre-microempresa-pequena-empresa-e-mei,03f5438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD>. Acesso em: 26 jul. 2019.

SILVA, Valdir Pignatta; FRUCHTENGARTEN, Julio. **Dimensionamento de Estruturas de Aço**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2012.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES TERRITORIAIS. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável do Alto Oeste Potiguar**. 2005. Disponível em:
http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio134.pdf. Acesso em: 26 jul. 2019.

SOUZA, Sara Alves Leite. **Etapas de Fabricação e Montagem em Estruturas Metálicas**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2015.

VIAGEM de Férias. Mapa do Rio Grande do Norte. Disponível em:
<http://www.viagemdeferias.com/mapa/rio-grande-do-norte/>. Acesso em: 26 de julho de 2019.

WORLD STEEL ASSOCIATION, 2012. World Steel in Figures 2012. Disponível em
http://www.worldsteel.org/dms/internetDocumentList/bookshop/WSIF_2012/document/World%20Steel%20in%20Figures%202012.pdf.

ANEXOS

ANEXO A – REGISTROS ATIVOS NA INSPETORIA DO CREA – PAU DOS FERROS/RN

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO RIO
GRANDE DO NORTE
LEI Nº 5.194, DE 24 DEZEMBRO DE 1966

RELATÓRIO PROFISSIONAIS

Filtros Aplicados:

Data de cadastro: 01/01/2014 Até 31/07/2019

Data de Registro: 01/01/2014 Até 31/07/2019

Tipo de Registro: Registro Definitivo de Profissional (DIPLOMADO NO PAÍS)

Situação de Registro: ATIVO

UF de Registro: RN

Endereço de correspondência: CEP: 59900000; CIDADE: PAU DOS

FERROS; UF: RN;

Nível: SUPERIOR

Inspetoria(s): Inspetoria Regional de Pau dos Ferros;

Total de Registros: 40

ANEXO B – QUESTIONÁRIO DE DIAGNÓSTICO – ENGENHEIROS CIVIS



Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA

Campus Multidisciplinar de Pau dos Ferros

Bacharelado em Engenharia Civil

Discente: Pedro Alves de Sousa Neto

QUESTIONÁRIO PARA TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

(TCC)

ENGENHEIRO CIVIL

Essa pesquisa tem apenas caráter acadêmico, com o objetivo de fazer um levantamento e caracterização do mercado de estruturas metálicas no estado do Rio Grande do Norte. Os respondentes deste estudo **NÃO** serão identificados.

DADOS GERAIS

1. Quando você concluiu sua graduação? Onde?

2. Você possui alguma especialização na área de estruturas?

3. Já realizou algum projeto estrutural com estruturas metálicas? Quais as principais dificuldades encontradas?

4. Durante sua graduação, você pagou mais disciplinas de estruturas em concreto ou em aço? Quantas?

5. Por que é mais comum obras em concreto do que em aço? Quais sua opinião a respeito disso?

6. Você conhece as vantagens das estruturas metálicas?

ANEXO C – QUESTIONÁRIO DE DIAGNÓSTICO – FORNECEDORES



Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA

Campus Multidisciplinar de Pau dos Ferros

Bacharelado em Engenharia Civil

Discente: Pedro Alves de Sousa Neto

QUESTIONÁRIO PARA TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC) FORNECEDORES

Essa pesquisa tem apenas caráter acadêmico, com o objetivo de fazer um levantamento e caracterização do mercado de estruturas metálicas no estado do Rio Grande do Norte. Os respondentes deste estudo **NÃO** serão identificados.

DADOS GERAIS

Nome da Empresa: _____

Cidade: _____

Estado: _____

Pessoa entrevistada (cargo): _____

Ano de fundação/tempo de mercado: _____

1. Quais os tipos de aço sua empresa trabalha?

2. Quais os principais tipos de perfis estruturais, em aço sua, empresa fornece?

3. Como é feito o transporte dos perfis estruturais até o comprador?

4. Quais os principais municípios que você fornece materiais metálicos?

ANEXO D – QUESTIONÁRIO DE DIAGNÓSTICO – FABRICANTES



Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA

Campus Multidisciplinar de Pau dos Ferros

Bacharelado em Engenharia Civil

Discente: Pedro Alves de Sousa Neto

QUESTIONÁRIO PARA TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

(TCC)

FABRICANTES

Essa pesquisa tem apenas caráter acadêmico, com o objetivo de fazer um levantamento e caracterização do mercado de estruturas metálicas no estado do Rio Grande do Norte. Os respondentes deste estudo **NÃO** serão identificados.

DADOS GERAIS

Nome da Empresa: _____

Nº de funcionários: _____

Cidade: _____

Estado: _____

Pessoa entrevistada (cargo): _____

Ano de fundação/tempo de mercado: _____

CONSUMO DE MATERIAL E RELAÇÃO COM O CLIENTE

1. Quem, geralmente, contrata sua empresa?

2. Existe periodicidade nas contratações? Se sim, qual a periodicidade?

3. Qual a faixa usual de custos de estruturas metálicas, em referência ao consumo de aço?

4. É comum a apresentação de projetos estruturais?

5. Qual o nível de detalhe dos projetos (tipos de ligações, tipo de aço, perfis, etc)?

LINHA DE PRODUTOS

6. Quais são os principais tipos de perfis que sua empresa comercializa:

- () Chapas
- () Cantoneira
- () Perfil W
- () Perfil I
- () Perfil U (laminado)
- () Perfil Formado à Frio
- () Outros. Quais? _____

7. Quais os principais tipos de aço você utiliza?

8. Quais os principais fornecedores da sua empresa (a quem você mais compra o aço)?

TRANSPORTE

9. O transporte é feito de forma:

- () Particular () Terceirizado – transportadora

10. Quem é seu principal cliente?

11. Qual a frequência de entrega?

- () Mais de uma vez ao dia
- () Diária
- () Semanal
- () Quinzenal
- () Mensal

12. Sua empresa possui frota própria de entrega? Se a resposta for sim, detalhe a forma de transporte.

13. Qual o tamanho máximo das peças que podem ser transportadas nos veículos disponíveis?

14. Qual a capacidade máxima para o transporte das peças?

15. Como é cobrado o transporte?

MÃO DE OBRA

16. A quanto tempo você trabalha executando estruturas de aço?

17. Você possui algum nível técnico/profissionalizante na área? Se sim, onde você fez o curso. Se não, como você aprendeu a trabalhar com isso?

18. Você tem empregados? Quantos? Eles possuem alguma qualificação técnica?
