

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIAS Uni-ANHANGUERA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE DA QUALIDADE DO CONCRETO USINADO PRODUZIDO
NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA

JOVELINO MATIAS DE ARAÚJO

GOIÂNIA
Novembro/2019

JOVELINO MATIAS DE ARAÚJO

**ANÁLISE DA QUALIDADE DO CONCRETO USINADO PRODUZIDO
NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA, sob orientação do Professor Mestre Ivo Carrijo Andrade Neto e coorientação do Professor Cesar Augusto da Cunha Vilela, como requisito parcial para obtenção do bacharelado em Engenharia Civil.

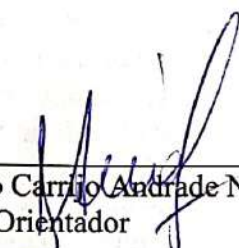
GOIÂNIA
Novembro/2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

JOVELINO MATIAS DE ARAÚJO

ANÁLISE DA QUALIDADE DO CONCRETO USINADO PRODUZIDO NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás - Uni-ANHANGUERA, defendido e aprovado em 29 de 11 de 2019 pela banca examinadora constituída por:



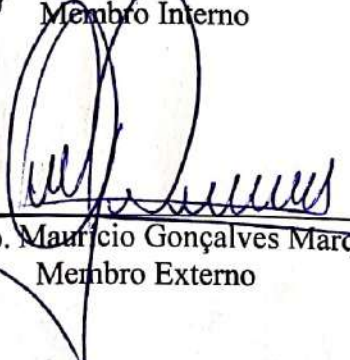
Prof. Ms. Ivo Carrão Andrade Neto
Orientador



Prof. Dr. Cesar Augusto da Cunha Vilela
Coorientador



Prof. Esp. Elias Anacleto de Toledo Junior
Membro Interno



Prof. Esp. Mauricio Gonçalves Marques
Membro Externo

RESUMO

O controle tecnológico do concreto tem papel fundamental, onde se tem parâmetros normativos para cada característica. Com o aprimoramento do cimento Portland, diversas propriedades do concreto foram sendo modificadas, tais como: consistência, plasticidade, resistência à compressão, módulo de elasticidade, etc. O que fez estas características passassem a ser fundamentais na elaboração dos projetos estruturais. Assim a realização de um controle tecnológico para sua aceitação passou a ser primordial para evitar perdas significativas em termos econômicos e de segurança. O trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade do concreto usinado em suas características mecânicas, avaliando as resistências a compressão axial e o módulo de elasticidade das concreteiras da região metropolitana de Goiânia. Foi realizando um estudo estatístico do crescimento da resistência a compressão axial e da resistência do módulo de elasticidade do concreto usinado fornecido. Verificamos e comparamos a resistência à compressão axial e módulo de elasticidade entre as concreteiras da região analisando 46.648 unidades de corpo de provas de concreto, verificando quais das concreteiras estão atendendo as solicitações dos clientes. O intuito com este estudo é contribuir para a discussão científica, onde foram analisados os dados reais das características mecânicas de concreto para obras sendo este concreto produzido pelas centrais de usinagem da região de estudo. Foi feito uma parceria com um laboratório de Construção Civil. O trabalho teve as etapas: Definição da amostragem; Coleta de resultados; Compilação dos dados por central dosadoras e Análises estatísticas e Resultados. Quando se fala de qualidade do concreto usinado, é importante pensar que o mesmo está atendendo aos parâmetros mínimos das normas vigentes que o regulamenta. Seguindo esse pensamento encontraremos resultados para caracterizar a qualidade do concreto usinado na região metropolitana de Goiânia-Goiás. Somados com a análise estatística dos resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade do concreto. Parâmetros normativos. Conformidades. Regulamentação. Cimento Portland.

1.INTRODUÇÃO

Falando sobre a importância do concreto Mehta e Monteiro (1994) relatam que é notória a contribuição do concreto para o desenvolvimento da sociedade moderna, sendo utilizado em pontes, obras de drenagem, estradas, casas, edifícios entre outros. Constituído de uma mistura de areia, pedra, água e cimento Portland, o concreto, é o segundo material mais consumido pelo homem, perdendo apenas para a própria água, sendo o primeiro em consumo na construção civil, e pode ser o responsável por diversos problemas estruturais e estéticos que são facilmente percebidos nas grandes cidades.

Ainda que o desenvolvimento e pesquisas de suas propriedades sejam aprimoradas nos dias atuais, o concreto não é um material novo, sua utilização vem sendo feita por babilônicos, egípcios e chineses há cerca de 3 mil anos a.C (ZALAF, MAGALHÃES e BRAZ, 2014).

Com o aprimoramento do cimento Portland, diversas propriedades do concreto foram sendo modificadas, tais como: consistência, plasticidade, resistência à compressão, módulo de elasticidade, permeabilidade ao ar e à água, resistência ao desgaste superficial por abrasão e erosão, etc. Com o passar do tempo, estas características passaram a ser fundamentais na elaboração dos projetos estruturais e na forma de construção das obras, o que possibilitou uma revolução nos sistemas construtivos e em suas potencialidades e aplicações.

Assim, a necessidade de verificar tais características e propriedades, ou seja, a realização de um controle tecnológico para sua aceitação passou a ser primordial para evitar perdas significativas em termos econômicos, o que inclui a necessidade de reavaliação do projeto estrutural, a execução de eventuais reforços estruturais e até mesmo a demolição e reconstrução de um determinado elemento (SANTIAGO, 2011).

O concreto é um material construtivo amplamente disseminado. Podemos encontrá-lo em nossas casas de alvenaria, em rodovias, em pontes, nos edifícios mais altos do mundo, em torres de resfriamento, em usinas hidrelétricas e nucleares, em obras de saneamento, até em plataformas de extração petrolífera móveis. Estima-se que anualmente são consumidas 11 bilhões de toneladas de concreto, aproximadamente, um consumo médio de 1,9 tonelada de concreto por habitante por ano, valor inferior apenas ao consumo de água. No Brasil, o concreto que sai de centrais dosadoras gira em torno de 30 milhões de metros cúbicos (PEDROSO, 2009).

Atualmente a Engenharia Civil tem se caracterizado por uma grande preocupação com a qualidade e a durabilidade das edificações e obras em geral, tanto a nível mundial quanto nacional. A qualidade e a segurança das obras de engenharia compõem um quadro fundamental para o sucesso de um projeto. Neste parâmetro pode considerar a qualidade dos materiais empregados, bem como a qualidade da execução realizada durante o amadurecimento do produto até a sua conclusão, nesse caso, o edifício. Diante das patologias apresentadas nas edificações é evidente a importância de um bom controle dos materiais empregados na construção (ADES, 2015).

Segundo Pereira (2008) nos dias atuais, o controle tecnológico vai muito além dos procedimentos tomados apenas nas obras e se somam a esses os procedimentos de todo processo de produção, manipulação, transporte e ensaios, garantindo assim qualidade ao produto.

Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do concreto usinado em suas características físicas e mecânicas, avaliando as resistências a compressão axial e o módulo de elasticidade na região metropolitana de Goiânia.

Tivemos como objetivos específicos

Avaliação da qualidade do concreto usinado para a característica da resistência à compressão axial e o módulo de deformação estático.

Realização da análise estatística da resistência a compressão axial e do módulo de elasticidade do concreto.

Análise do crescimento da resistência à compressão axial do concreto aos 7 e 28 dias;

Comparação da resistência à compressão axial aos 28 dias entre as concreteiras da região;

Verificação do resultado dos ensaios de módulo de deformação estática quanto a sua conformidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo, com o intuito de contribuir para discussão científica, foram analisados os dados reais de resistências à compressão e de módulo de elasticidade para o controle tecnológico das obras atendidas pelo laboratório parceiro, sendo o concreto produzido pelas centrais de usinagem localizadas na Região Metropolitana de Goiânia.

Para execução do trabalho foi realizado inicialmente a definição das amostragens, a coleta de resultados das resistências à compressão e o módulo de elasticidade, em seguida foram compilados os resultados, para avaliar os dados estatisticamente e discutir os resultados encontrados criticamente, podendo chegar a conclusão da qualidade do concreto de Goiânia.

A Figura 1 demonstra um esquema das etapas a serem realizadas neste estudo.

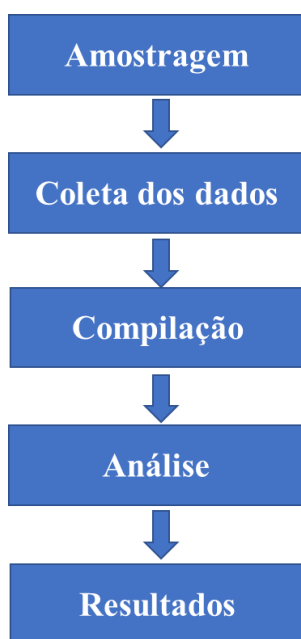


Figura 1 – Etapas da metodologia

Fonte: Autor (2019).

2.1 Definição da amostragem

Este estudo teve como amostragem as concretagens realizadas pelas centrais dosadoras de concreto instaladas na Região Metropolitana de Goiânia considerando um período de ano a partir de 01/01/18 a 31/12/18.

Esta pesquisa utilizou um total de 46.648 resultados de ensaios de resistências à compressão axial em corpos de prova de 100 x 200 mm sendo o concreto produzido por 6 usinas identificadas pelas letras A, B, C, D, E e F localizadas na Região Metropolitana de Goiânia conforme Tabela 1. Todos os resultados considerados foram retirados do banco de dados do laboratório parceiro da pesquisa localizado em Goiânia, publicados e validados pelo contratante (obras).

Tabela 1 – Quantidade total de amostras para cada *fck* considerando as idades de 7 e 28 dias entre as usinas.

Ensaio de resistências característica (<i>fck</i>) para 7 e 28 dias							
F_{ck} (Mpa)	A	B	C	D	E	F	Total das amostras
20	3216	1732	1072	2284	2692	2128	13124
25	128	444	-	1684	-	440	2696
30	3512	1008	144	1580	-	1460	7704
35	20	420	848	584	-	404	2276
40	7076	2280	-	316	676	10476	20824
50	24	-	-	-	-	-	24
Total	13976	5884	2064	6448	3368	14908	46648

Fonte: Autor (2019).

Foi proposto uma análise entre os *fck*'s definindo um total de amostras igual para todas as usinas considerando a quantidade das amostras iniciais definido na tabela 2. Portanto, para a análise do *fck* 20 MPa foram retiradas 500 amostras para serem comparadas entre 6 usinas sendo elas: A, B, C, D, E e F, para o *fck* 25 MPa 200 amostras comparando 3 usinas sendo elas: B, D e F, para *fck* 30 MPa 500 amostras comparando 4 usinas sendo elas: A, B, D e F, para o *fck* 35 MPa 200 amostras comparando 4 usinas sendo elas: B, C, D e F, e para o *fck* 40 MPa 1000 amostras comparando 3 usinas sendo elas: A, B e F, conforme descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Amostragem para análise dos fck em relação as Usinas.

QUANTIDADE DE AMOSTRAS ANÁLISADAS ENTRE CONCRETEIRAS X FCK							
Fkc (Mpa)	A	B	C	D	E	F	Total das amostras
20	500	500	500	500	500	500	3000
25	-	200	-	200	-	200	600
30	500	500	-	500	-	500	2000
35	-	200	200	200	-	200	800
40	1000	1000	-	-	-	1000	3000
50	-	-	-	-	-	-	0
Total	2000	2400	700	1400	500	2400	9400

Fonte: Autor (2019).

Foram estudados também neste trabalho 1512 ensaios de modulo elasticidade do concreto produzidos por 4 das 6 usinas de concreto estudadas, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Quantidade total de amostras de módulo de deformação para cada usina.

QUANTIDADE DE AMOSTRAS ANÁLISADAS DAS CONCRETEIRAS PARA CADA Gpa ESPECIFICADO		
USINAS	E (Gpa) Especificado	AMOSTRAS
D	28	48
A	30	276
F	32	456
B	29	732
Total		1512

Fonte: Autor (2019).

2.2 Origem dos dados para estudo

Os dados analisados no presente estudo foram obtidos junto ao laboratório parceiro, sendo responsável pelos serviços de controle tecnológico do concreto, utilizando por meio de planilhas eletrônicas do *software Excel®*.

2.3 Compilação dos dados

A partir dos dados coletados foram realizadas as distribuições dos resultados das resistências à compressão axial aos 7 dias e aos 28 dias e dos módulos de deformação estática aos 28 dias por lotes, ou seja, por laudos e por centrais de dosadoras de concreto.

2.4 Análise estatística dos dados

A distribuição dos dados foi estatisticamente estudada gerando alguns resultados como; desvio padrão, médias, mediana, amplitude, moda e coeficiente de variação. A análise comparou a conformidade dos lotes de concreto em relação ao f_{ck} e ao módulo de deformação (GPa) especificada.

A princípio foram analisadas as resistências à compressão obtidas por cada usina em relação as idades de 7 e 28 dias verificando o crescimento da resistência. Em seguida comparou-se os resultados de f_{ck} 's obtidos entre as usinas e por último comparou-se os resultados de módulos de elasticidade aos 28 dias também entre as usinas.

Foram comparados os resultados segundo a Tabela 1 para os f_{ck} 's de 20MPa, 25MPa, 30MPa, 35MPa e 40MPa conforme Gráficos abaixo. Também foi analisado o percentual de resultados à compressão que atingiram ou foram superiores ao f_{ck} estipulado e especificado pelo projetista.

Também foram comparados os resultados de 7 e 28 dias de cada usina de concreto avaliando o percentual de crescimento entre as idades sendo o total das amostras definido na Tabela 2.

2.5 Discussões dos resultados

Levando-se em consideração os resultados encontrados por meio das análises estatísticas foram evidenciados e comparados com outros resultados e conclusões de trabalhos anteriores para que os mesmos possam ser avaliados criticamente, com análises imparciais e objetivas.

3 RESULTADO E DISCUSSÕES

3.1 Análise da resistência à compressão entre 7 e 28 dias das usinas

Para este estudo levou-se em consideração o percentual de crescimento entre os resultados das amostras dos 7 dias a 28 dias para cada usina sendo a quantidade total para esta análise está descrita na Tabela 4 deste trabalho.

Tabela 4 –Percentual dos resultados de crescimentos das resistências à compressão das usinas

Usinas	Crescimento do fck de 7 para 28 dias				
	20MPa	25MPa	30MPa	35MPa	40MPa
A	13%	12%	10%	-	10%
B	11%	13%	16%	16%	12%
C	11%	-	18%	14%	-
D	13%	13%	12%	14%	18%
E	23%	-	-	-	12%
F	15%	17%	21%	16%	8%
Média sub total	14%	14%	15%	15%	12%
Média total	14%				

Fonte: Autor (2019).

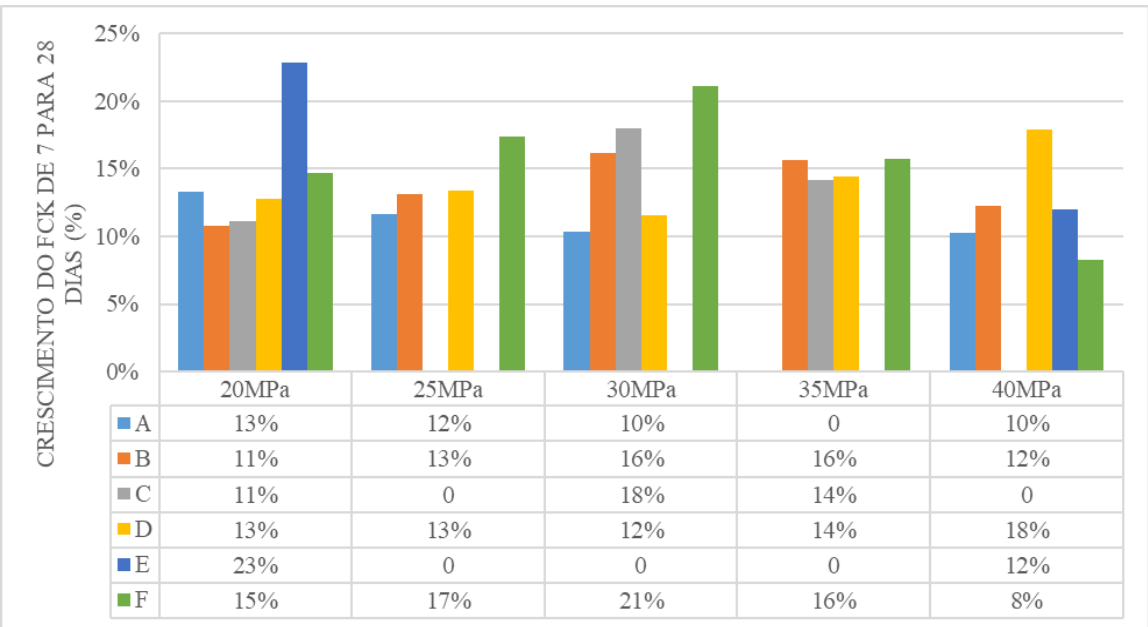


Figura 2 - Comparação do *fck* de 20 MPa para as Usinas A, B, C, D, E e F.

Fonte: Autor (2019).

Analisando, a Figura 2 é baseada na quantidade de amostras da tabela 1 com um total de amostras de 46.648 unidades de corpos de prova, onde para o *fck* 20 MPa a usina que mais

cresceu foi a usina E com 23%, para o *fck* 25 Mpa a usina F com 17%, para o *fck* 30 MPa a usina F com 21%, para o *fck* 35 MPa as usinas B e F ambas com 16% e para o *fck* 40 MPa a usina D com 18%. E com os menores percentuais obtidos ficaram; as usinas B e C para *fck* 20MPa com 11%, para o *fck* 25MPa a usina A com 12%, para o *fck* 30 MPa a usina A com 10%, para o *fck* 35 MPa as usinas C e D com 14% e para o *fck* 40 MPa a usina F com 8%. E em uma visão geral dos concretos fornecidos pelas usinas o crescimento em relação aos 7 dias para os 28 dias está em torno de 14%.

3.2 Comparação das resistências à compressão entre as usinas

Foram comparados os resultados segundo a Tabela 2 para os *fck* de 20MPa, 25MPa, 30MPa, 35MPa e 40MPa conforme Gráficos abaixo.

A Figura 3 compara os ensaios obtidos para o *fck* 20MPa para as usinas A, B, C, D, E e F.

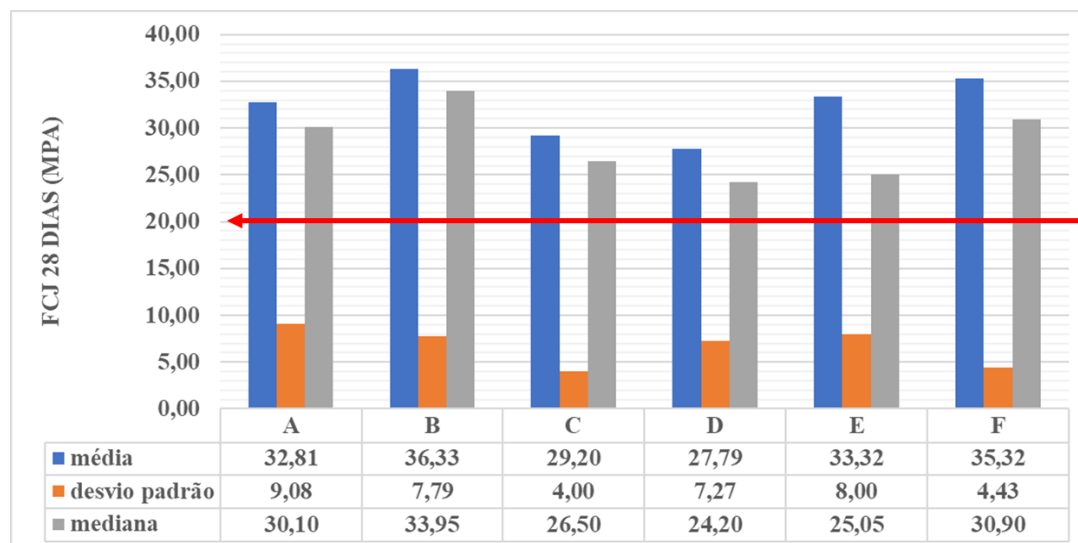


Figura 3 - Comparação do *fck* de 20 MPa para as Usinas A, B, C, D, E e F.

Fonte: Autor (2019).

A análise da Figura 3 demonstra que todas as usinas estão com seus resultados, tanto para a média quanto para a mediana superiores ao *fck* especificado de 20 MPa. Porém as usinas A e E estão com os maiores desvios padrão sendo 9,08 e 8,00 respectivamente. Ainda pode-se perceber que a usina B obteve a maior média e mediana desta análise com 36,33 e 33,95 respectivamente.

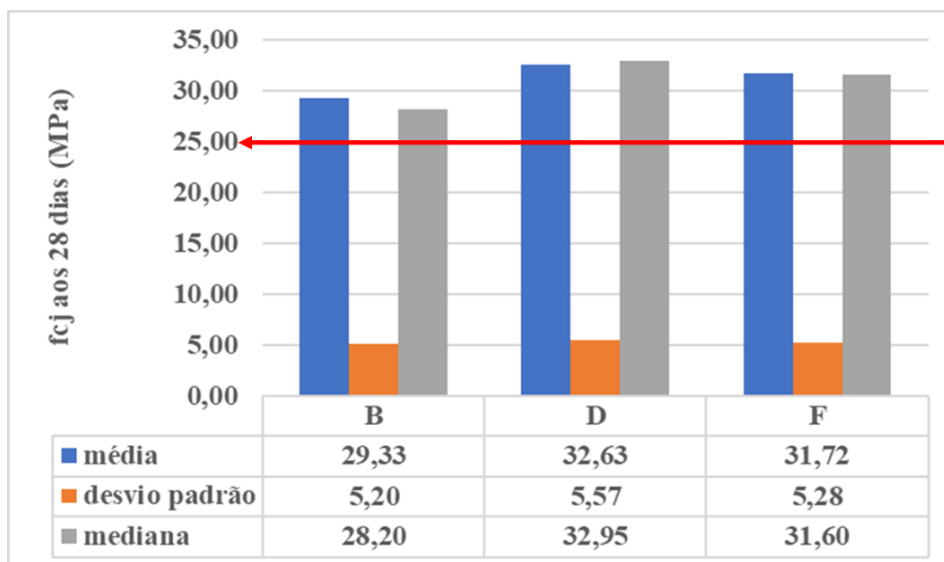


Figura 4 - Comparação do *fck* de 25 MPa para as Usinas B, D e F.

Fonte: Autor (2019).

Observando a Figura 4 verifica-se que todas as usinas estão com a média e a mediana de seus resultados superiores ao *fck* especificado de 25 MPa, sendo que seus desvios padrão não possuem diferenças significativas entre eles. A usina D possui a maior média e mediana desta análise com 32,63 e 32,95 respectivamente, e os desvios padrões estão a baixo de 5,6%.

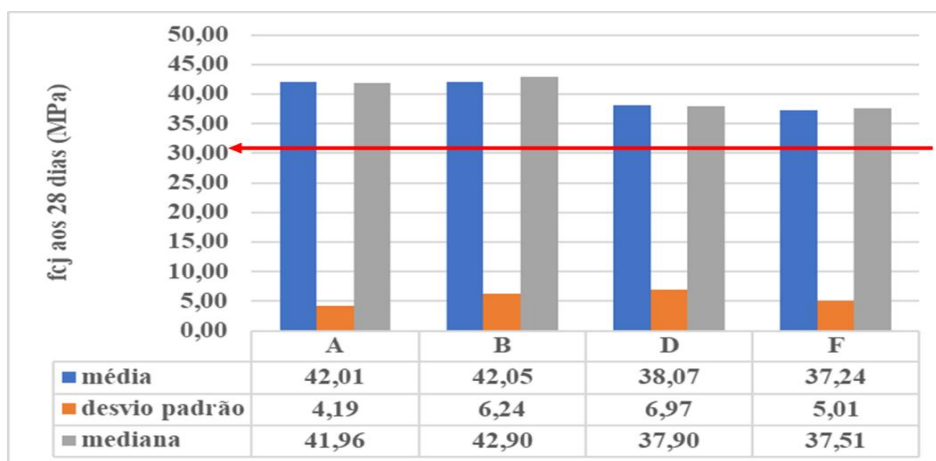


Figura 5 - Comparação do *fck* de 30 MPa para as Usinas A, B, D e F.

Fonte: Autor (2019).

Analisando a Figura 5 onde ela demonstra que todas as usinas possuem resultados tanto para a média quanto para a mediana superiores ao *fck* especificado de 30 MPa. Porém as usinas B e D estão com os maiores desvios padrão sendo eles de 6,24 e 6,97 respectivamente. Ainda pode-se perceber que a média das usinas A e B está a cima do *fck* especificado mais de 12 MPa para esta análise.

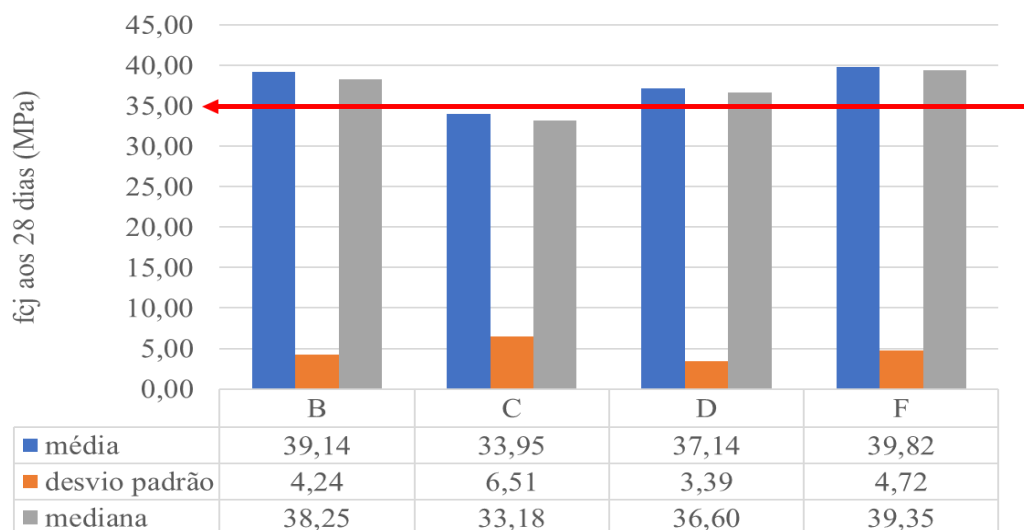


Figura 6 - Comparação do f_{ck} de 35 MPa para as Usinas B, C, D e F.

Fonte: Autor (2019).

Na análise da Figura 6 verificamos que as usinas B, D e F estão com seus resultados superiores ao f_{ck} especificado de 35 MPa, tanto para a média quanto para a mediana. Porém a usina C está com seus resultados de média e mediana abaixo do f_{ck} especificado, e também é a usina com maior desvio padrão com o valor de 6,51.

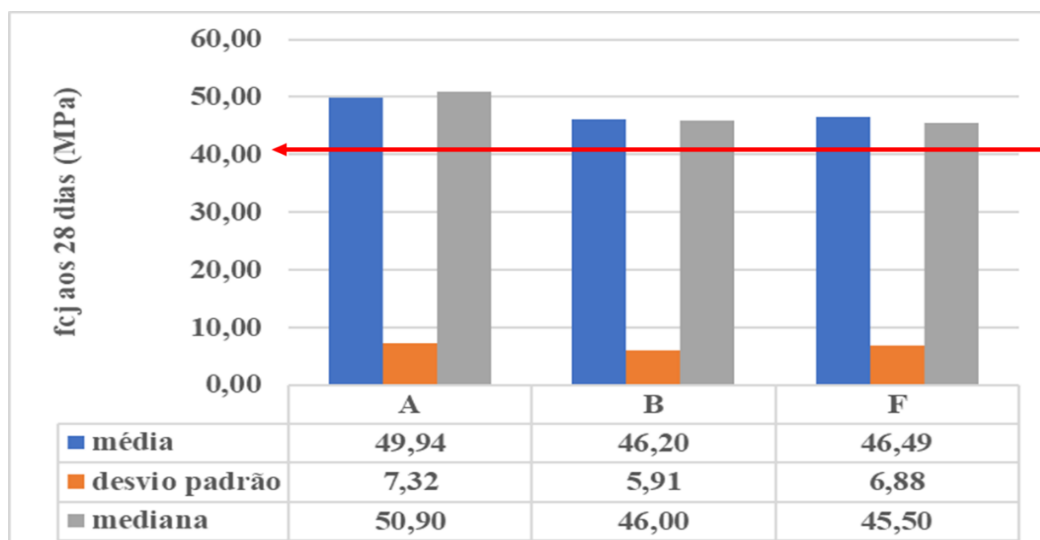


Figura 7 - Comparação do f_{ck} de 40 MPa para as Usinas A, B e F.

Fonte: Autor (2019).

Conforme demonstrado na Figura 7 as usinas analisadas estão com seus resultados de média e mediana estão superiores ao f_{ck} especificado de 40 MPa. Entretanto a usinas A esta com os maiores valores de média e mediana do f_{ck} obtido sendo 49,94, 50,90

respectivamente. Nota-se que ela também obteve o maior valor para o desvio padrão sendo de 7,32.

3.3 Comparação de atendimento ao f_{ck} especificado

Foram considerados também qual o percentual das amostras que foram iguais ou superiores ao f_{ck} especificado para cada usina, com o intuito de analisar o desempenho de cada usina usando as amostras da tabela 1.

Na Figura 8 demonstramos os desempenhos das usinas A, B, C, D, E e F em relação ao f_{ck} 20MPa.

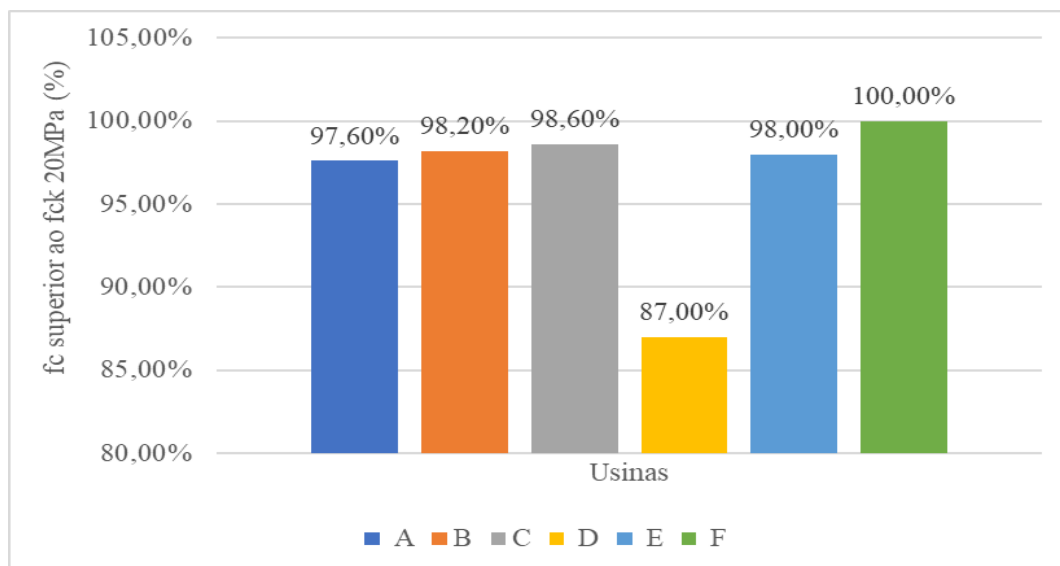


Figura 8 – Percentual dos ensaios de resistência à compressão iguais ou superiores ao f_{ck} 20MPa das usinas A, B, C, D, E e F.

Fonte: Autor (2019).

Podemos verificar que na figura 8 os gráficos mostram que as usinas A, B, C, E estão acima de 97% e que a usina F obteve 100% dos seus resultados satisfatórios para o f_{ck} 20MPa. Porém a usina D obteve apenas 87% dos seus ensaios satisfatórios, resultados esses que atingiram igual ou acima do f_{ck} especificado, ficando com 13% dos resultados abaixo do f_{ck} especificado.

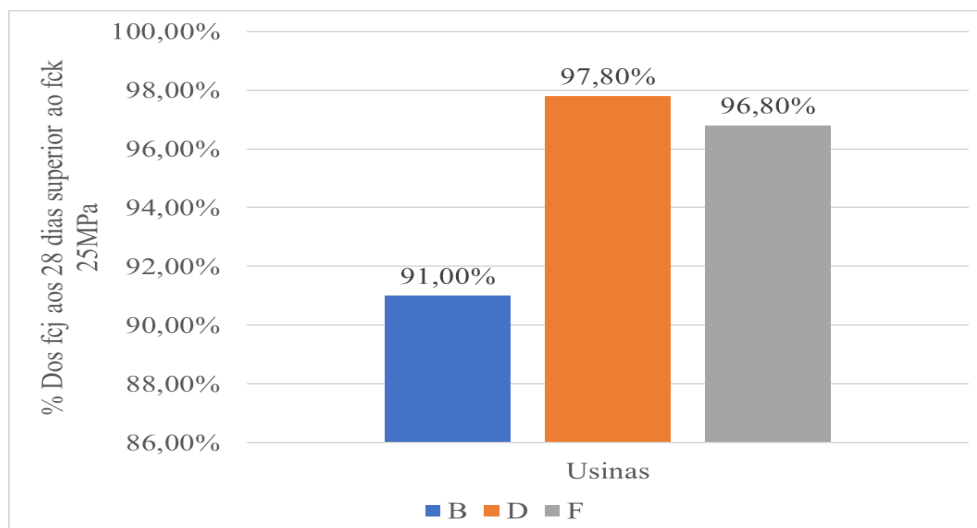


Figura 9 – Percentual dos ensaios de resistência à compressão iguais ou superiores ao f_{ck} 25MPa das usinas B, D e F.

Fonte: Autor (2019).

A Figura 9 demonstra que apenas a usina D está acima de 97% e que a usina B obteve apenas 91% dos seus resultados iguais ou superiores a 25MPa. Logo 9% dos seus resultados estão a baixo do f_{ck} especificado 25MPa.

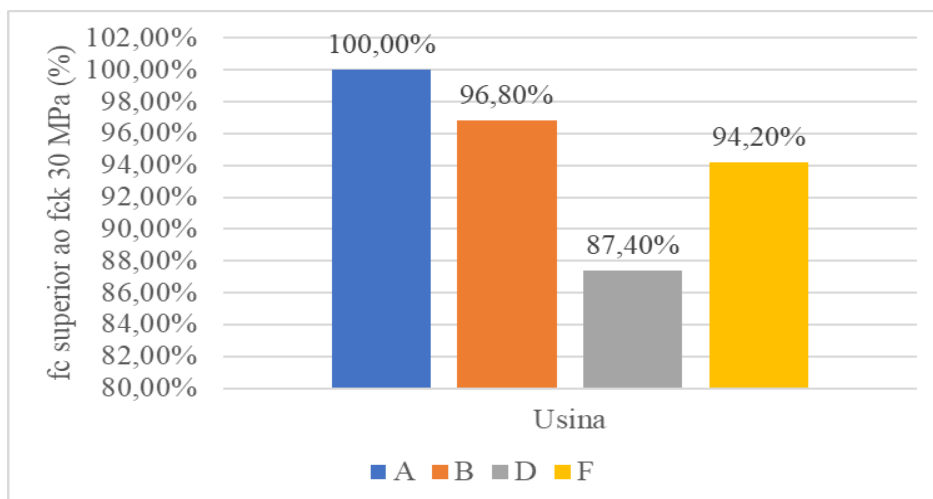


Figura 10 – Percentual dos ensaios de resistência à compressão iguais ou superiores ao f_{ck} 30MPa das usinas A, B, D e F.

Fonte: Autor (2019).

Analisando a Figura 10 vemos que apenas a usina A alcançou 100% de resultados de ensaios de compressão satisfatórios, e que as usinas B, D e F estão com seus resultados abaixo

de 97% do *fck* esperado. Podemos verificar também que a usina D obteve apenas 87,4% dos seus resultados de ensaios iguais ou superiores a 30MPa.

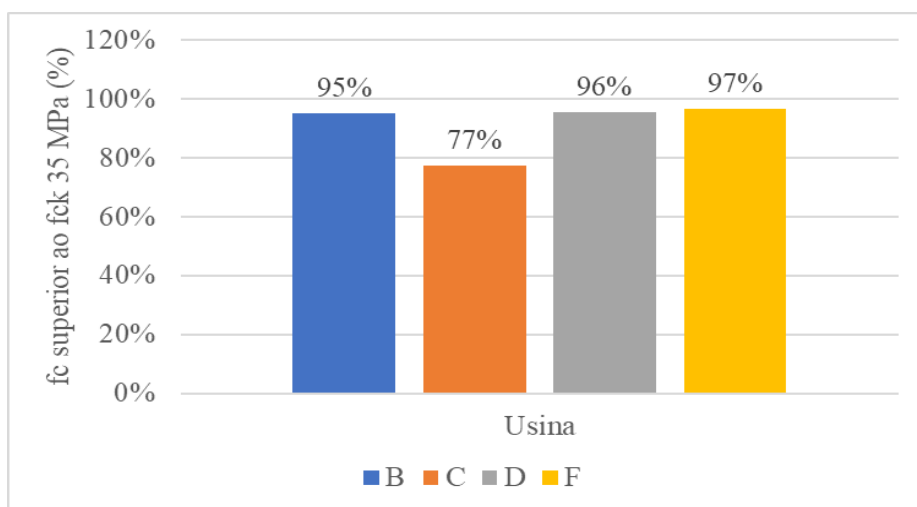


Figura 11 – Percentual dos ensaios de resistência à compressão iguais ou superiores ao *fck* 35MPa das usinas B, C, D e F.

Fonte: Autor (2019).

Na análise da Figura 11 podemos notar que nem uma das usinas analisadas B, C, D e F atingiram 100% dos resultados satisfatórios do ensaio de compressão axial para o *fck* 35MPa aos 28 dias. Percebe-se também que a usina C foi a que ficou com o maior percentual de 23% de resultados de ensaios de compressão axial que não atingiram o *fck* 35MPa especificado.

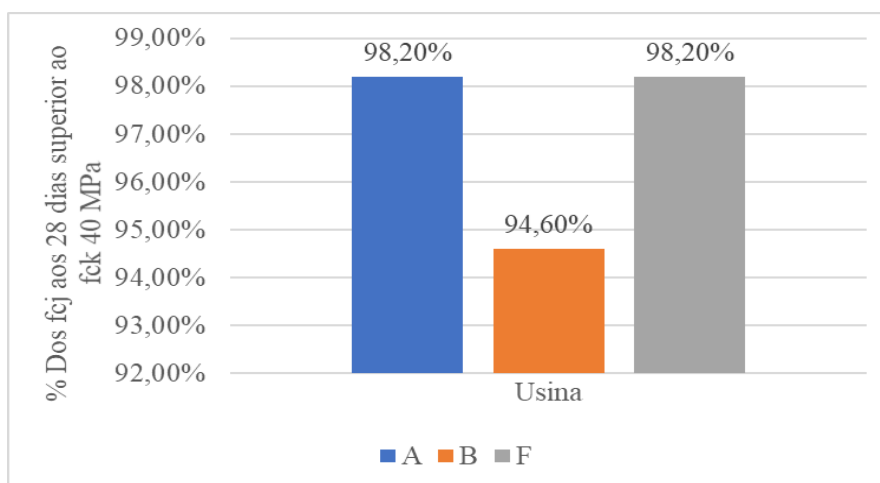


Figura 12 – Percentual dos ensaios de resistência à compressão iguais ou superiores ao *fck* 40MPa das usinas A, B e F.

Fonte: Autor (2019).

Com a análise da Figura 12 verificamos que a usina B está com 5,4% de seus resultados abaixo do f_{ck} especificado. E que para as outras duas usinas A e F os resultados de crescimento estão iguais com 98,2% dos ensaios de compressão axial alcançarão o f_{ck} 40MPa especificado.

Tabela 5 – Resultado geral das resistências para cada f_{ck} especificado.

Usinas	fc em relação ao fck (%)									
	20 MPa		25 Mpa		30 Mpa		35 Mpa		40 Mpa	
	Atingiu (%)	Não Atingiu (%)	Atingiu (%)	Não Atingiu (%)	Atingiu (%)	Não Atingiu (%)	Atingiu (%)	Não Atingiu (%)	Atingiu (%)	Não Atingiu (%)
A	97,60	2,40	-	-	100,00	0	-	-	98,20	1,80
B	98,20	1,80	91,00	9,00	96,80	3,20	95,20	4,80	94,60	5,40
C	98,60	1,40	-	-	-	-	77,40	22,60	-	-
D	87,00	13,00	97,80	2,20	87,40	12,60	95,60	4,40	-	-
E	98,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-
F	100,00	0	96,80	3,20	94,20	5,80	96,60	3,40	98,20	1,80
Média do mercado, para cada Fck Especificado	96,6	3,4	95,2	4,8	94,6	5,4	91,2	8,8	97,0	3,0
Média Total do comportamento dos concretos fornecidos na região metropolitana			Atingiu (%)		Não Atingiu (%)					
			94,9		5,1					

Fonte: Autor (2019).

As amostras da análise da tabela 5 vieram da tabela 2. Onde a tabela 5 nos apresenta o comportamento de atingimento do f_{ck} especificado de cada uma das Usinas (concreteiras). Onde podemos ver que em média 5,1% das amostras fornecidas para o mercado não atingiram o f_{ck} esperado. Mostrando assim o comportamento de crescimento de cada f_{ck} de concreto entre as usinas fornecedoras na região metropolitana de Goiânia.

Tabela 6 – Análise estatística dos resultados dos ensaios de compressão axial das amostras da tabela 1 para 28 dias

MEDIDAS	Usinas													
	A						B						C	
Fck estimado (Mpa)	20	25	30	35	40	50	20	25	30	35	40	20	30	35
Quantidade de amostras analisadas aos 28 dias	1608	64	1756	10	3538	12	866	222	504	210	1140	536	72	424
Média (MPa)	33,37	33,49	39,56	36,08	48,16	49,47	35,77	28,78	42,14	39,15	46,10	29,09	39,04	35,52
Desvio padrão	7,34	2,78	5,85	1,26	6,32	5,51	7,25	5,43	6,13	4,14	5,95	3,98	3,84	5,49
Resultados abaixo do especificado	2,86%	0,00%	4,95%	20,00%	8,39%	0,00%	1,50%	16,67%	2,98%	11,43%	13,07%	1,31%	20,83%	41,27%

Fonte: Autor (2019).

Tabela 7 – Análise estatística dos resultados dos ensaios de compressão axial das amostras da tabela 1 para 28 dias

MEDIDAS	Usinas											
	D					E		F				
Fck estimado (Mpa)	20	25	30	35	40	20	40	20	25	30	35	40
Quantidade de amostras analisadas aos 28 dias	1142	842	790	292	158	1346	338	1064	220	730	202	5238
Média (MPa)	26,21	33,17	37,27	36,87	49,05	30,03	43,09	33,05	31,56	36,37	39,77	45,83
Desvio padrão	6,87	5,63	5,53	3,12	5,56	5,63	6,84	5,58	5,00	4,91	4,70	6,57
Resultados abaixo do especificado	17,43%	4,87%	7,97%	15,07%	7,59%	2,82%	37,87%	1,50%	7,73%	7,40%	8,91%	15,35%

Fonte: Autor (2019).

Tabela 8 – Resumo da análise estatística dos resultados dos ensaios de compressão axial das amostras da tabela 1 para 28 dias

MEDIDAS	Media do produto final para o Mercado Resultados dos ensaios aos 28 dias						Total de corpos de prova aos 28 dias
Fck estimado (Mpa)	20	25	30	35	40	50	
Quantidade de amostras analisadas aos 28 dias	6562	1348	3852	1138	10412	12	23324
Média (MPa)	31,25	31,75	32,40	37,48	46,45	49,47	
Desvio padrão	6,11	4,71	5,25	3,74	6,25	5,51	
Resultados abaixo do especificado	4,57%	7,32%	8,83%	19,34%	16,46%	0,00%	

Fonte: Autor (2019).

A tabela 8 é o resumo das tabelas 6 e 7, onde foram analisados 23.324 resultados de ensaios de compressão axial em corpos de prova 100x200mm, distribuídos nas seis usinas estudadas e nos fck 's 20, 25, 30, 35, 40 e 50 MPa. Onde podemos analisar que o maior desvio padrão está no Fck 40MPa com o valor de 6,25% de 10.412 amostras. E para os resultados a baixo do especificado estão os fck 's 35 e 40 com 19,34% e 16,46% respectivamente. A análise do desvio padrão médio entre as usinas mostrou o valor de 5,17%, e que em média os resultados a baixo do fck especificado está em torno de 9%.

3.4 Analise dos Resultados de Módulo de Elasticidade do Concreto de cada Usina

A Tabela 9 apresenta as medidas estatísticas dos resultados dos módulos de deformação estático (módulo de elasticidade) entres as usinas A, B, D e F.

Tabela 9 – Análise estatística dos resultados de módulo de deformação estática de cada uma das Usinas

Usinas				
MEDIDAS	D	A	F	B
REFERÊNCIA DE TENSÃO (GPa)	28,0	30,0	32,0	29,0
AMOSTRAS (Un.)	48	276	456	732
média (GPa)	24,65	32,18	34,32	30,99
mediana (GPa)	24,10	32,45	34,80	31,50
desvio padrão	4,25	2,38	1,95	2,70
Resultados abaixo do especificado	77,08%	17,39%	9,21%	23,91%

Fonte: Autor (2019).

Analisando a tabela 9 no quesito resultados abaixo do GPa especificado, notamos que a uma discrepância de resultados onde a usina A possui 17,39% de 276 ensaios realizados a baixo do esperado. Já a usina B está com 23,91% de 732 resultados de ensaios que não atingiram o GPa especificado, a analise mostrou também que a menor porcentagem de amostras que não atingiram o GPa especificado foi o da usina F com o valor de 9,21%. A usina D com 48 unidades de ensaios teve a maior porcentagem de 77,08% de resultados que não atingiram o esperado. E analisando o desvio padrão médio para o mercado está em torno de 2,82.

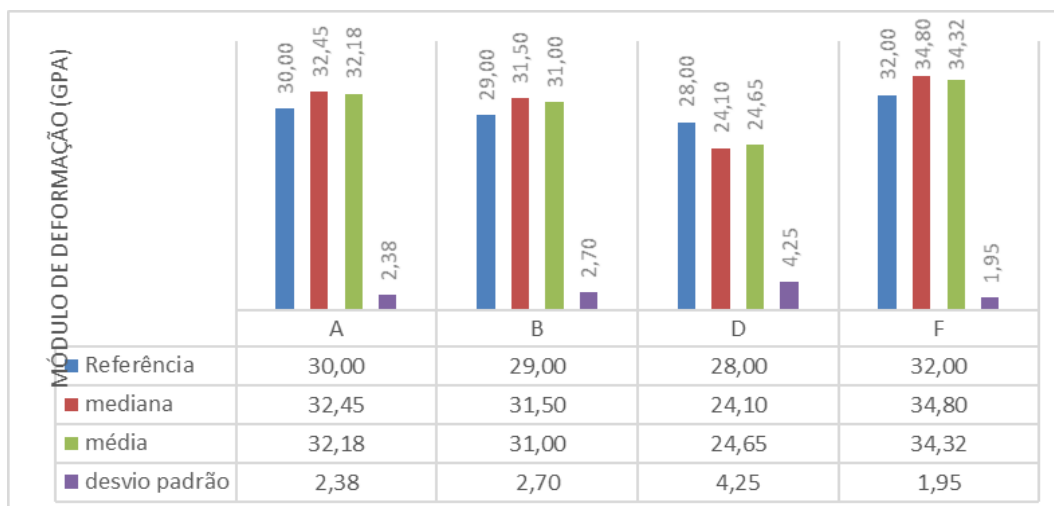


Figura 13 - Análise do módulo de deformação estático para as Usinas A, B, D e F.

Fonte: Autor (2019).

Analisando os resultados da Figura 13 podemos verificar que a usina A atende aos 30 GPa especificado tanto na média quanto na mediana e que seu desvio padrão tem o valor de 2,38. Verificou-se também que para a usina B os resultados estão mais de 2 GPa acima do especificado. Já na análise da usina D notou-se que ela obteve tanto a média de 24,65 GPa quanto a mediana de 24,1 GPa valores abaixo do valor de referência (modulo de elasticidade) especificado de 28,0 GPa, notou-se também que ela é a usina com maior desvio padrão de todas com 4,25. Avaliou-se também que as usinas A, B e F tiveram suas medias de resultados acima do valor de referência com 7,3%, 6,9% e 7,3% respectivamente.

3.5 Resumo geral das análises do concreto da a região metropolitana de Goiânia

Quadro 1 – Resumo dos resultados das análises feitas.

Resultados do Trabalho	Resultado
Crescimento do MPa de 7 para 28 dias (%)	14
Fck especificado a baixo (%) com 23.324 un.	9,4
Desvio Padrão com 23.324 un.	5,2
Desvio Padrão do Modulo de Elasticidade (GPa)	2,82
GPa a baixo GPa especificado (%)	32

Fonte: Autor (2019).

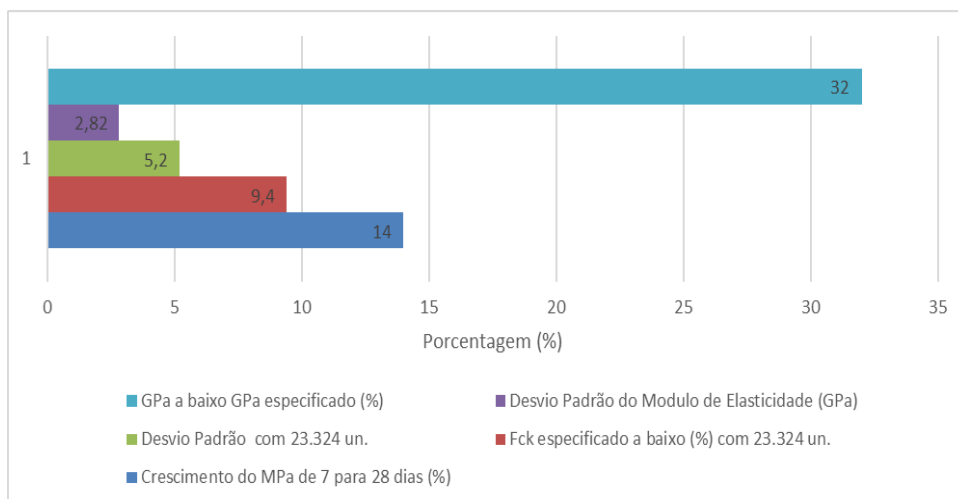


Figura 14 – Análise do resumo geral.

Fonte: Autor (2019).

Na análise da figura 14 podemos ver que na média do mercado a um padrão de crescimento dos concretos entre os 7 dias para os 28 dias, que gira em torno de 14%. Verificou-se também que o desvio padrão para 23.324 amostras de corpo de prova está em torno de 5,2 MPa. Foi avaliado que nessa mesma quantidade de amostras 9,4% de resultados que não alcançaram a resistência de projeto f_{ck} especificado.

Analisando os resultados de módulo de elasticidade verificou-se que o desvio padrão para o mercado está em torno de 2,82 GPa, e que a uma discrepância nos resultados para os GPa's que estão a baixo do especificado girando em torno de 32%.

4 CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que ao compararmos os f_{cj} aos 28 dias com o f_{ck} em média todas as empresas (usinas) foram superiores. Porém as empresas que tiveram a quantidade de resultados superior ao f_{ck} especificado foram: para 20MPa a empresa F com 100%, para o f_{ck} 25MPa a empresa D com 98%, para o f_{ck} 30 Mpa a empresa A com 100% e para o f_{ck} 40MPa as empresas A e F com 98,20%.

Contudo percebe-se um desvio padrão entre 4,4 a 9,08 MPa para o f_{ck} de 20MPa significando um desvio máximo 45% e mínimo 22% sendo números preocupantes, portanto vale ressaltar e indicar a importância de se implantar e ter o controle tecnológico do concreto em todas as obras.

Os resultados também evidenciaram que a usina F obteve o melhor resultado de crescimento para o ensaio de módulo de elasticidade com média e mediana de 34,32 e 34,80 GPa respectivamente. Para os valores dos resultados que ficaram inferiores ao GPa especificado a empresa F também teve o melhor resultado entre as usinas com 9,21% de 456 ensaios de modulo de elasticidade, e um desvio padrão de 1,95GPa.

Notou-se que a empresa B teve a maior quantidade de ensaios para analisar, com 732 amostras para ensaio de módulo de elasticidade, e obteve um desvio padrão de 2,7GPa juntamente com as medias e medianas de 30,99 e 31,5 respectivamente. Em contrapartida desses 732 ensaios 23,91% não atingiram o GPa especificado pelo cliente/projetista.

E importante também notarmos que o crescimento da resistência característica do concreto teve um resultado de 14% em média para a região de estudo de Goiânia, porém segundo BRITZ (2010) descreveu que o crescimento do cimento estava com 20%. Provavelmente esta queda no crescimento da resistência entre as idades de 7 para 28 dias deve-se pela busca de resistências iniciais cada vez mais altas exigidas nas obras para o ganho na produtiva dos serviços de desformas e cimbramento, e execução da estrutura.

Ressalto ainda que as usinas (concreteiras) em relação aos seus resultados de resistência à compressão geram 9,4% de resultados abaixo do f_{ck} especificado, e um desvio padrão alto de 5,2MPa. Portanto, com isso é de suma importância o controle tecnológico do concreto realizado por terceiros dentro das obra, ou seja, laboratórios que estejam comprometidos com a qualidade e controle do concreto fornecidos para as obras consequentemente evitando possíveis problemas técnicos e financeiros.

REFERÊNCIAS

- PEDROSO, F., L. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. Concreto e Construções**, p.p. 14-19, v. 53, 2009.
- MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto – Estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo, 1994.
- ZALAF, R., S.; MAGALHÃES, S., R., BRAZ, T., C. **Estudo do controle tecnológico e recebimento do concreto em obra**. Universidade Federal de Goiás, Escola de engenharia civil curso de graduação em engenharia civil, 2014.
- ADES, A., Z. **A importância do controle tecnológico na fase estrutural em obras de edificações**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.
- PEREIRA, M. S. **Controle da resistência do concreto: paradigmas e variabilidade – Estudo de caso**. Dissertação de mestrado – Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2008.
- SANTIAGO, W. C. **Estudo da não conformidade de concretos produzidos no Brasil e sua influência na confiabilidade estrutural**. 2011. Dissertação de mestrado - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.
- TEIXEIRA, R., B.; PELISSER, F. **Análise da perda de resistência à compressão do concreto com adição de água para correção da perda de abatimento ao longo do tempo. Revista de Iniciação Científica**, v. 1, p.p. 1-15, 2007.
- HERVÉ, E., N. **O risco da falta de Controle Tecnológico do Concreto Considerações sobre algumas evidências confirmadas no Brasil**. Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE), 2011.
- BRITEZ, C. et al. **Estanqueidade de lajes de subpressão**. Caso MIS-RJ. Rev. IBRACON Estrut. Mater. [online]. 2014, vol. 7, n. 6, p. 913-921. ISSN 1983-4195.

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas – **ABNT. NBR 14724**: Informação e documentação. Trabalhos Acadêmicos - Apresentação. 2011.

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas – **ABNT. NBR 12655**: Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. 2015.

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas – **ABNT. NBR 8522**: Concreto - Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. 2017.

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas – **ABNT. NBR 7212**: Execução de concreto dosado em central — Procedimento

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas – **ABNT. NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto.

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas – **ABNT. NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. 2018.