



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ISAIAS EMANUEL VELOSO VIEIRA

**ESTUDO DE CASO SOBRE A VARIABILIDADE DE PARÂMETROS
CONSTRUTIVOS DE CAMADAS GRANULARES EM UM PAVIMENTO
ASFÁLTICO**

CRATEÚS

2022

ISAIAS EMANUEL VELOSO VIEIRA

ESTUDO DE CASO SOBRE A VARIABILIDADE DE PARÂMETROS CONSTRUTIVOS
DE CAMADAS GRANULARES EM UM PAVIMENTO ASFÁLTICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de bacharel em Engenharia
Civil.

Orientador: Prof. Me. Jorge Luis Santos
Ferreira

CRATEÚS

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

V715e Vieira, Isaias Emanuel Veloso.

Estudo de caso sobre a variabilidade de parâmetros construtivos de camadas granulares em um pavimento asfáltico / Isaias Emanuel Veloso Vieira. – 2022.
103 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Engenharia Civil, Crateús, 2022.

Orientação: Prof. Me. Jorge Luis Santos Ferreira.

1. base. 2. sub-base. 3. variabilidade. 4. controle executivo. 5. obra rodoviária. I. Título.

CDD 620

ISAIAS EMANUEL VELOSO VIEIRA

ESTUDO DE CASO SOBRE A VARIABILIDADE DE PARÂMETROS CONSTRUTIVOS
DE CAMADAS GRANULARES EM UM PAVIMENTO ASFÁLTICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de bacharel em Engenharia
Civil.

Aprovada em: 18/11/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Jorge Luis Santos Ferreira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. D.Sc. Jorge Luiz Oliveira Lucas Júnior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. M.Sc. Lucas Cavalcante de Almeida
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

A Deus.

Aos meus pais, família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, à Deus que, na sua infinita bondade, permitiu com que tudo fosse possível.

À minha família, em especial aos meus pais Diassis e Aglais, por terem desde cedo, colocado o aprendizado como prioridade nas vidas de seus filhos. Agradeço a eles, também, todo apoio e suporte prestado durante todos os meus anos acadêmicos e, acima de tudo, pelo amor incondicional que tive a sorte de receber durante todo esse período. Aos meus irmãos, Bruno e Hugo, pelos conselhos, exemplos e palavras de incentivo.

Ao meu excelente orientador Jorge Luis, com quem tive o prazer de trabalhar e a sorte de aprender. Professor, grato por toda a paciência, empenho e tratamento durante todo o acompanhamento, sinto que fui feliz na escolha do meu orientador. Agradeço, também, professor, por todo o conhecimento técnico e espírito crítico que foram indispensáveis durante a confecção do trabalho.

Agradecimentos especiais aos amigos que estiveram comigo durante toda a jornada universitária, e que espero levar para a vida. Muito obrigado por todo o apoio, companheirismo e parceria tanto nos estudos como em tantas outras áreas da vida. Sou muito grato, também, pelos momentos de risadas e descontração, tenho a impressão que isso tornou o processo infinitamente mais leve e prazeroso.

No mais, gostaria de agradecer a todos que, de alguma forma, participaram do meu desenvolvimento pessoal e profissional durante esses anos, posso afirmar que a pessoa que sou hoje é resultado dessas interações.

“Nós somos o que repetidamente fazemos. A excelência, então, não é um ato, mas um hábito.”
(Will Durant).

RESUMO

Atualmente, a discussão sobre o controle de qualidade vem ganhando cada vez mais força dentro do contexto das obras rodoviárias. Sabe-se que o conceito de qualidade evoluiu de um enfoque baseado na qualidade do produto final para um enfoque sobre o controle do processo produtivo. O controle da variabilidade, nesse contexto, possui papel fundamental uma vez que uma maior variabilidade resulta em processo menos previsível, menos contínuo e, portanto, mais suscetível a erros. Dada a importância significativa que as camadas granulares (base e sub-base) possuem na qualidade final do pavimento, o presente trabalho se propôs a executar uma análise estatística da variabilidade construtiva das mesmas em uma obra rodoviária já executada, sob a jurisdição da SOP. No Brasil, o procedimento DNER-PRO 277/97 estabelece a metodologia para controle estatístico de obras e serviços, enquanto que o controle executivo das camadas de sub-base e base rodoviária, assim como todas as suas sistemáticas, é definido pelas normas DNIT 139 (2010) e DNIT 141 (2010), respectivamente. Os parâmetros analisados nesse trabalho foram Grau de compactação (GC), Teor de umidade *in situ* (*h in situ*), Índice de Suporte Califórnia (ISC) e porcentagens passantes nas peneiras de número 40 e 200 (Nº40 e Nº200, respectivamente), em uma obra já executada no estado do Ceará. Buscou-se caracterizar estatisticamente os dados disponibilizados, investigar a hipótese de normalidade tipicamente assumida pela normatização vigente e avaliar a variabilidade dos parâmetros ao longo das diferentes etapas da obra. Como resultados, pôde-se observar que nenhum dos dados dos parâmetros analisados seguiam a distribuição normal, além disso, identificou-se a distribuição de probabilidade de melhor aderência à maioria deles. Notou-se que o processo executivo se mostrou pouco homogêneo dada a diferença nas frequências dos ensaios de controle tecnológico do primeiro ano para os demais, além da presença de períodos de descontinuidades dos dados. Concluiu-se, também, que os parâmetros construtivos avaliados, em geral, apresentam menor variabilidade quando executados na camada de base do que quando executados na sub-base. Além disso, percebeu-se que a variabilidade tende a diminuir ao decorrer da execução da obra, de tal forma que o primeiro ano é o mais variável enquanto que o terceiro se mostrou o com menor variabilidade, na maioria dos parâmetros. Confirmou-se o fato dos parâmetros de maior interesse (GC e *h in situ*) possuírem um controle executivo mais rigoroso e, portanto, com menor variabilidade, em relação aos demais.

Palavras-chave: base; sub-base; variabilidade; controle executivo; obra rodoviária.

ABSTRACT

It is known that the concept of quality has evolved from a focus based on the quality of the final product to a focus on the control of the production process. The control of variability, in this context, has a fundamental role, since a greater variability results in a less predictable, less continuous process and, therefore, more susceptible to errors. Given the significant importance that granular layers (base course and sub-base course) have in the final sidewalk quality, the present work proposed to perform a statistical analysis of their constructive variability in a road work already executed, under the jurisdiction of SOP. In Brazil, the procedure DNER-PRO 277/97 establishes the methodology for statistical control of works and services, while the executive control of the subbase course and base course, as well as all their systematic procedures, is defined by DNIT 139 (2010) and DNIT 141 (2010) standards, respectively. The parameters analyzed in this work were degree of compaction (GC), moisture content *in situ* (h *in situ*), California Bearing Ratio (CBR) and percentages passing the sieves number 40 and 200 (N°40 and N°200, respectively), in a work already executed in the state of Ceará. The objective was to statistically characterize the available data, to investigate the normality hypothesis typically assumed by the standardization in force and to evaluate the variability of the parameters both in general, and throughout the different stages of the work. As results, it was possible to observe that none of the parameter data analyzed followed the normal distribution; moreover, the probability distribution with the best adherence was identified for most of them. It was noted that the executive process showed little homogeneity given the difference in the frequencies of technological control tests from the first year to the others, besides the presence of periods of discontinuities in the data. It was also concluded that the construction parameters evaluated, in general, show less variability when performed in the base course than when performed in the subbase course. Moreover, it was noticed that the variability tends to decrease throughout the execution of the work, in such a way that the first year is the most variable while the third year showed the least variability in most parameters. It was confirmed that the parameters of greatest interest (GC and h *in situ*) have a more rigorous executive control and, therefore, with less variability in relation to the others.

Keywords: base course; subbase course; variability; executive control; road work.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pavimento asfáltico (corte transversal).	22
Figura 2 - Curva de distribuição Normal.	32
Figura 3 - Exemplos de histograma.	33
Figura 4 – Exemplos de Gráficos Q-Q.....	34
Figura 5 - Fluxograma das etapas metodológicas.....	39
Figura 6 - Histogramas de grau de compactação para ambas as camadas.	45
Figura 7 - Histogramas de teor de umidade <i>in situ</i> para ambas as camadas	45
Figura 8 - Histogramas de Índice de Suporte Califórnia para ambas as camadas	46
Figura 9 - Histogramas dos parâmetros granulométricos para camada de base.	46
Figura 10 - Gráficos de probabilidade para grau de compactação.	47
Figura 11 - Gráficos de probabilidade para teor de umidade <i>in situ</i>	47
Figura 12 - Gráficos de probabilidade para Índice de Suporte Califórnia.	48
Figura 13 - Gráficos de probabilidade para os parâmetros granulométricos.	48
Figura 14 - Gráficos de probabilidade com a melhor aderência para GC.....	54
Figura 15 - Gráficos de probabilidade com a melhor aderência para h <i>in situ</i>	55
Figura 16 - Gráficos de probabilidade com a melhor aderência para ISC.	55
Figura 17 - Gráficos de probabilidade com a melhor aderência para os parâmetros granulométricos.	56
Figura 18 - Coeficiente de variância para todos os parâmetros de base.	57
Figura 19 - Gráfico de dispersão x tempo para GC na camada de base.	59
Figura 20 - Gráfico de dispersão x tempo para GC na camada de sub-base.	59
Figura 21 - Diagramas Box de GC nos três anos, para ambas as camadas.	60
Figura 22 - Gráfico de dispersão x tempo para h <i>in situ</i> na camada de base.	61
Figura 23 - Gráfico de dispersão x tempo para h <i>in situ</i> na camada de sub-base.....	61
Figura 24 - Diagramas Box de h <i>in situ</i> nos três anos, para ambas as camadas.....	62
Figura 25 - Gráfico de dispersão x tempo para ISC na camada de base.	63
Figura 26 - Gráfico de dispersão x tempo para ISC na camada de sub-base.	63
Figura 27 - Diagramas Box de ISC nos três anos, para ambas as camadas.	64
Figura 28 - Gráfico de dispersão x tempo para peneira N° 40 na camada de base.	64
Figura 29 - Gráfico de dispersão x tempo para peneira N° 200 na camada de base.....	65
Figura 30 - Diagramas Box dos parâmetros granulométricos nos três anos.	65
Figura 31 - IC de comparação múltipla para desvio padrão, GC camada de base.	67
Figura 32 - IC de comparação múltipla para desvio padrão, GC camada de sub-base.....	68

Figura 33 - IC de comparação múltipla para desvio padrão, h <i>in situ</i> camada de base.	69
Figura 34 - IC de comparação múltipla para desvio padrão, h <i>in situ</i> camada de sub-base.....	70
Figura 35 - IC de comparação múltipla para desvio padrão, ISC camada de base.....	71
Figura 36 - IC de comparação múltipla para desvio padrão, ISC camada de sub-base.....	72
Figura 37 - IC de comparação múltipla para desvio padrão, peneira de N°40.....	73
Figura 38 - IC de comparação múltipla para desvio padrão, peneira de N°200.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Abordagens de qualidade	21
Quadro 2 - Resumo do controle executivo de sub-base estabilizada granulometricamente. ...	26
Quadro 3 - Resumo do controle executivo de base estabilizada granulometricamente.....	28
Quadro 4 - Cenários de análise do processo executivo da obra	41
Quadro 5 - Resumo dos resultados das distribuições com melhor aderência aos parâmetros.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela resumo das propriedades estudadas	38
Tabela 2 - Caracterização estatística básicas dos parâmetros das camadas granulares	43
Tabela 3 - Resumo dos resultados dos testes de normalidade.	50
Tabela 4 - Teste de qualidade de ajuste para os dados da camada de base.	51
Tabela 5 - Teste de qualidade de ajuste para os dados da camada de base.	52
Tabela 6 - Teste de qualidade de ajuste para os dados da camada de sub-base.	53
Tabela 7 - Teste de qualidade de ajuste para os dados da camada de sub-base.	53
Tabela 8 - Desvio padrão para GC com base no IC de Bonferroni, camada de base.	67
Tabela 9 - Desvio padrão para GC com base no IC de Bonferroni, camada de sub-base.	68
Tabela 10 - Desvio padrão para h <i>in situ</i> com base no IC de Bonferroni, camada de base.	69
Tabela 11 - Desvio padrão para h <i>in situ</i> com base no IC de Bonferroni, camada de sub-base.	70
Tabela 12 - Desvio padrão para ISC com base no IC de Bonferroni, camada de base.	71
Tabela 13 - Desvio padrão para ISC com base no IC de Bonferroni, camada de sub-base.	72
Tabela 14 - Desvio padrão para peneira N°40 com base no IC de Bonferroni.	73
Tabela 15 - Desvio padrão para peneira N°200 com base no IC de Bonferroni.	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
ISC	Índice de Suporte Califórnia
GC	Grau de Compactação
CNT	Confederação Nacional de Trânsito
AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
USACE	<i>American Society of Civil Engineers</i>
CBR	<i>California Bearing Ratio</i>
IG	Índice de Grupo
CEQ	Controle Estatístico de Qualidade
KS	Kolmogorov-Smirnov
AD	Anderson-Darling
CVM	Cramer-von Mises
SW	Shapiro-Wilk
CV	Coeficiente de Variância
FDE	Função de Distribuição Empírica
MC	Múltiplas Comparações
SOP	Superintendência de Obras Públicas
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
LIE	Limite Inferior Especificado
IC	Intervalo de Confiança
NBR	Norma Brasileira

LISTA DE SÍMBOLOS

h <i>in situ</i>	Teor de umidade <i>in situ</i>
N°40	Percentual passante na peneira de número 40
N°200	Percentual passante na peneira de número 200
Hót	Umidade ótima
H_0	Hipótese nula
H_1	Hipótese alternativa
μ	Média populacional
σ	Desvio padrão populacional
σ^2	Variância populacional
e	Número de Euler
p	Probabilidade de significância
α	Nível de significância
N	Tamanho amostral
Q1	Primeiro quartil
Q3	Terceiro quartil
N Moda	Número de indivíduos que a moda se repete
DesvPad	Desvio padrão previsto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Contextualização	17
1.2	Objetivos	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1	Conceito de qualidade	20
2.2	Aspectos construtivos em obras de pavimentação.....	21
2.3	Controle de qualidade em obras rodoviárias.....	23
2.3.1	<i>Controle de materiais</i>	24
2.3.2	<i>Controle de execução</i>	25
2.3.3	<i>Especificações normativas para controle de qualidade</i>	26
2.4	Controle Estatístico da Qualidade (CEQ)	29
2.5	Estatísticas descritivas.....	30
2.6	Testes de hipóteses	31
2.6.1	<i>Avaliação da normalidade dos dados</i>	31
2.6.2	<i>Teste de Levene's</i>	36
2.6.3	<i>Teste de comparações múltiplas</i>	37
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
3.1	Etapas metodológicas	39
3.1.1	<i>Caracterização estatística da variabilidade de cada parâmetro</i>	39
3.1.2	<i>Verificação da distribuição estatística dos parâmetros de interesse</i>	40
3.1.3	<i>Análise estatística da variabilidade geral entre os parâmetros</i>	40
3.1.4	<i>Análise estatística temporal da variabilidade de cada parâmetro</i>	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	Caracterização estatística.....	43
4.2	Verificação da normalidade dos dados	44
4.3	Identificação da distribuição de probabilidade	51
4.4	Análise da variabilidade geral.....	56
4.5	Análise da variabilidade ao longo da obra	58
4.5.1	<i>Análise qualitativa dos dados</i>	58
4.5.2	<i>Análise quantitativa</i>	66
5	CONCLUSÕES	75
5.1	Sugestões para trabalhos futuros	76
	REFERÊNCIAS.....	78
	ANEXO A – PLANILHA DO BANCO DE DADOS ANALISADA – SUB-BASE.....	85
	ANEXO B – PLANILHA DO BANCO DE DADOS ANALISADA – BASE	94

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

No que diz respeito ao setor de transporte, no Brasil, 65% do total das cargas são transportadas pelo modal rodoviário, este também é o segmento que mais emprega e o que possui a maior participação na produção de riqueza (MOREIRA; JUNIOR; TOLOI, 2018). Todo esse contexto de importância social e econômica é, também, observado no estado do Ceará que, por sua vez, possui pelo menos 68,5% das suas rodovias (estaduais e federais) com algum tipo de defeito, além de cerca de 17,7% estarem classificadas como ruins ou péssimas segundo a Confederação Nacional de Trânsito – CNT (2021) que leva em conta pavimento, sinalização e geometria da via.

Partindo desse pressuposto, muito se discute sobre o controle de qualidade nesse segmento construtivo de fundamental importância para o país. No que diz respeito ao conceito de qualidade, o que melhor se adapta à realidade da construção rodoviária é aquele baseado na produção, um dos cinco propostos por Garvin (1992), segundo este autor, qualidade está relacionada ao nível de conformidade com as especificações, ou seja, essa abordagem tem um enfoque interno, que busca reduzir custos e dá pouca atenção ao que o cliente reconhece entre qualidade e as características do produto.

O controle de qualidade, por sua vez, compreende atividades simultâneas à execução dos serviços de produção da obra rodoviária, aplicando técnicas operacionais que se destinam a monitorar todo processo em todas as etapas do ciclo da qualidade da obra (DNIT, 2004). É importante ressaltar, entretanto, que o conceito de controle de qualidade sofreu mudanças ao longo do tempo, passando do enfoque na qualidade do produto final para o enfoque sobre o controle do processo produtivo, e, por fim, para a garantia da qualidade de todo o ciclo de produção, que inclui a etapa de concepção do produto (OLIVEIRA; SANTOS, 2017).

Contudo, a cadeia de produção da construção possui características únicas que dificultam a utilização na prática das teorias modernas da qualidade, ou seja, a construção civil marcada por processos complexos e inúmeras interferências requer uma adaptação específica de tais teorias (ALBUQUERQUE, 2004).

Obras rodoviárias, por estarem inseridas nesse contexto da construção, compartilham das mesmas dificuldades quando o assunto é o desenvolvimento de um controle executivo eficiente. Como agravante, as mesmas possuem, por natureza, grande extensão, o que faz com que haja grande variabilidade nas características dos materiais que a compõem, tanto

ao longo do trecho como em cada uma das suas camadas (AASTHO, 2003; COSTA, 2012). Pode-se afirmar, portanto, que o controle da variabilidade é um dos maiores obstáculos para o controle de qualidade das obras rodoviárias. Shewhart (1939) afirma que qualidade e variabilidade são conceitos antagônicos, isto é, onde se tem muito de um, necessariamente terá pouco do outro. No Brasil, o procedimento DNER-PRO 277/97 estabelece a metodologia para controle estatístico de obras e serviços (DNER, 1997).

No que concerne ao pavimento rodoviário, esse é composto por múltiplas camadas de espessuras finitas, construídas sobre a superfície final de terraplenagem, destinadas técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança (BERNUCCI *et al.*, 2010).

Segundo Lopes (2019) as camadas do pavimento são construídas conforme sua finalidade viária, em função da maior ou menor rigidez da estrutura, devendo seus materiais constituintes interagir apropriadamente sob as solicitações das cargas advindas do tráfego de veículos. Esta interação é, de fato, uma tarefa complexa, considerando a necessidade de se compatibilizar materiais com parâmetros de elasticidade tão distintos.

Sabe-se que a execução das camadas de aterro, camadas finais de terraplenagem e de bases de solo estabilizado são as que necessitam de uma maior preocupação com o controle da variabilidade e dos procedimentos recomendados, uma vez que a má execução dessas etapas reflete em prejuízos onerosos de custo e prazo, além de afetar a qualidade e a durabilidade do produto final (ALVES, 2002).

Portanto, destaca-se a significativa importância que as camadas granulares têm na qualidade final do pavimento, sendo necessário, dessa forma, o adequado controle de execução de todos os seus procedimentos. No contexto nacional, tal controle executivo das camadas de sub-base e base rodoviária, assim como todas as suas sistemáticas, é definido pelas normas DNIT 139 (2010) e DNIT 141 (2010), respectivamente.

1.2 Objetivos

Como objetivo geral tem-se de executar uma análise estatística da variabilidade dos parâmetros construtivos das camadas granulares (base e sub-base) de uma obra rodoviária. Este objetivo está atrelado aos objetivos específicos citados a seguir:

- a) Caracterizar estatisticamente o banco de dados dos parâmetros construtivos de camadas granulares;

- b) Investigar a hipótese de normalidade tipicamente assumida para os parâmetros construtivos de obras rodoviárias;
- c) Comparar a variabilidade dos parâmetros construtivos das camadas granulares em diferentes janelas temporais ao longo da obra.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Conceito de qualidade*

O tema qualidade é dinâmico, sendo sua evolução atrelada a interação dos diversos fatores que compõem a estrutura organizacional e sua administração. Portanto, este é um conceito espontâneo e intrínseco a qualquer situação de uso de algo tangível, assim como relacionamentos envolvidos na prestação de um serviço ou a percepções associadas a produtos de natureza intelectual, artística, emocional e vivencial (MARSHALL *et al.*, 2010).

Garvin (2002) elencou algumas classificações de grande aceitação entre os especialistas da área para o termo qualidade, cada classificação tem suas individualidades e refletem a evolução histórica do pensamento sobre o tema. São elas:

- a) inspeção;
- b) controle estatístico da qualidade;
- c) garantia da qualidade;
- d) gestão estratégica da qualidade.

Dentre os vários conceitos de qualidade presentes na literatura, alguns são mais voltados para a percepção do cliente, outros atentam mais para a conformidade das especificações enquanto alguns tem enfoque gerencial. Por exemplo, para Deming (1990), qualidade é tudo aquilo que melhora do ponto de vista do cliente, portanto, o consumidor é o elo mais importante da linha de produção e o produto deve atender às expectativas. Campos (1992) segue a mesma linha de raciocínio quando afirma que qualidade é atender de forma confiável, acessível e segura as necessidades do consumidor.

Já Ishikawa (1993) acredita que o conceito de qualidade é atrelado a um produto quando esse é desenvolvido, projetado, produzido e comercializado com o intuito de ser mais útil, barato e sempre satisfatório para o cliente. Percebe-se que essa abordagem além de focar na experiência do cliente também atrela o princípio de melhoria continua da qualidade. Em contrapartida, temos definições como a de Juran (1992) que define qualidade como a adequação ao uso, ausência de falhas e satisfação de requisitos.

A maioria dos autores, por sua vez, demonstram que sua visão de qualidade está relacionada ao grau de satisfação do cliente em relação ao produto, porém é inegável que, muitas vezes, isso está relacionado com a performance igual ou acima da esperada e a existência ou não de deficiências e falhas no mesmo. Logo, percebe-se que as definições conversam entre

si e, dessa forma, não é prudente limitar-se a uma única definição de qualidade já que, muitas vezes, essa atitude é uma fonte de problemas (GARVIN, 1992).

Por fim, Garvin (2002) apresenta sua contribuição desenvolvendo cinco enfoques ou abordagens para definir qualidade: transcendente, baseada no produto, baseada no usuário, baseada na produção e baseada no valor. Essas são definidas no Quadro 1.

Quadro 1 - Abordagens de qualidade.

Enfoques	Definição
Transcendente	Qualidade não é uma ideia concreta, aprendemos a reconhecer qualidade pela experiência, sendo ela uma propriedade não passível de análise. Embora não se possa definir qualidade, sabe-se o que ela é.
Baseada no produto	Qualidade é uma variável precisa e mensurável. Diferenças de qualidade correspondem a diferenças de quantidade de algum ingrediente ou atributo desejado.
Baseada no usuário	Em suma, a qualidade de um produto está relacionada a percepção do usuário e depende de até que ponto ele se ajusta as preferências do consumidor. Qualidade consiste na capacidade de satisfazer desejos.
Baseada na produção	Qualidade é o grau em que o produto específico está de acordo com o projeto ou especificação. Qualidade (quer dizer) conformidade com as exigências.
Baseada no valor	Qualidade é o grau de excelência a um preço aceitável e o controle da variabilidade a um custo aceitável.

Fonte: (Bernucci *et al.*, 2010).

Considerando tais abordagens, a que se encaixa melhor dentro do contexto da construção rodoviária é a baseada na produção, uma vez observado o processo de projeto, desenvolvimento, e produção de um pavimento nota-se que não se leva muito em consideração possíveis expectativas do usuário, e sim a conformidade com as normas técnicas vigentes.

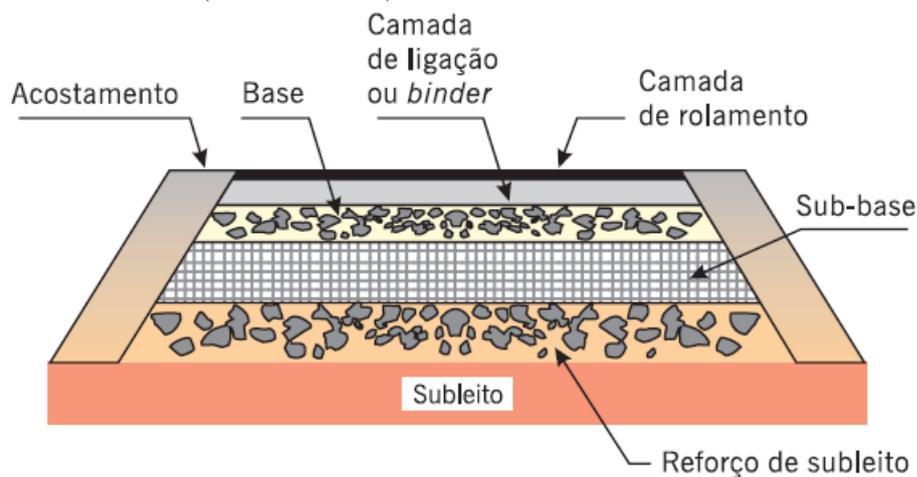
2.2 Aspectos construtivos em obras de pavimentação

Pode-se definir pavimento como a estrutura construída após a terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente em seu conjunto, a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais oriundos do tráfego, melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e conforto e resistir aos esforços horizontais (desgaste), tornando mais durável a superfície de rolamento (DNIT, 1996).

Os pavimentos possuem estruturas bastante complexas uma vez que envolvem muitas variáveis no seu desempenho e sofrem de um processo progressivo de degradação causado por diversos agentes, tais como: intemperismo, cargas de tráfego, solicitações ambientais, técnicas construtivas, práticas de manutenção e reabilitação, e das modificações físicas e químicas inatas dos materiais componentes do pavimento, além do tipo e qualidade destes materiais, etc. (ODA e ZERBINI, 2006).

O pavimento flexível, segundo Bernucci *et al.* (2010), é formado por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base, e reforço do subleito. Entretanto, dependendo do tráfego e dos materiais utilizados, alguma camada pode ser suprimida. No Brasil, a grande maioria da pavimentação rodoviária é asfáltica, a Figura 1 demonstra uma representação das camadas desse tipo de pavimento.

Figura 1 - Pavimento asfáltico (corte transversal).



Fonte: (Bernucci *et al.*, 2010).

Os pavimentos flexíveis, em geral associados aos pavimentos asfálticos, são compostos por camada superficial asfáltica (revestimento), apoiada sobre camadas de base, de sub-base e de reforço do subleito, constituídas por materiais granulares, solos ou misturas de solos, sem adição de agentes cimentantes.

Dada a organização geral do pavimento, percebe-se que as camadas granulares possuem um papel muito importante para o correto funcionamento do sistema como um todo, exercendo a função de limitar as tensões e deformações na estrutura por meio da combinação de materiais e espessuras das camadas constituintes (Medina, 1997).

A base é a camada situada imediatamente abaixo da capa ou revestimento asfáltico e possui a função de resistir às cargas atuantes devido ao tráfego além de minimizar as deformações de consolidação e os esforços cisalhantes, nas camadas subjacentes. Desse modo, as características mecânicas da base são essenciais para garantir o controle da magnitude das tensões, de maneira que não causem defeitos prematuros na camada de superfície. Já a sub-base, se classifica como uma camada complementar à base, com as mesmas funções desta e executada quando, por razões de ordem econômica, for conveniente reduzir a espessura da base (PINTO e PREUSSLER, 2002).

2.3 Controle de qualidade em obras rodoviárias

O controle de qualidade, segundo Nogueira (2011) pode ser definido como todas as ações planejadas e sistemáticas necessárias para garantir que um produto ou serviço terá desempenho satisfatório. Segundo o DNIT (2006), o controle de qualidade deve ser considerado sobre dois enfoques: o controle administrativo e o controle técnico ou qualitativo. O primeiro foca na verificação da conformidade do trabalho em relação às exigências legais e administrativas do contrato da obra. Já o controle técnico assegura a conformidade às normas e especificações, verificando, por meio de ensaios e medições, a qualidade dos serviços, dos materiais e suas respectivas utilizações.

A variabilidade é uma preocupação fundamental do controle de qualidade, de tal modo que o empreiteiro deve utilizá-la para verificar o seu processo de produção e determinar ajustes quando necessário, sendo importante discernir a variação aleatória e a variação associada a fatores controláveis da produção (RUSSELL *et al.*, 2001).

Nas obras de infraestrutura rodoviária, em específico, a questão do controle de qualidade envolve temas de grande relevância como segurança nas diversas etapas da obra e o retorno econômico e social do investimento realizado seja dos órgãos públicos, privados ou parcerias público-privados. Há, ainda, questões fundamentais em relação a satisfação do usuário final aos aspectos de segurança, economia e conforto ao rolamento, além de aspectos relativos à sustentabilidade, em que há preocupações no sentido de evitar desperdícios e poupar recursos naturais e energéticos (FERRI, 2013).

Por fim, pode-se afirmar que as etapas de controle de qualidade das camadas granulares em pavimentação asfáltica podem ser resumidas em duas, ambas descritas a seguir, sendo elas: controle de materiais e controle de execução.

2.3.1 Controle de materiais

O controle tecnológico dos materiais, segundo Ferri (2013), é o controle inicial onde toda a matéria-prima deve passar por ensaios de caracterização antes de ser processada – essa operação, normalmente, é realizada em laboratórios na grande maioria dos ensaios. No tocante as camadas granulares, faz-se necessário empregar métodos de seleção e de caracterização de propriedades para os materiais de base, sub-base e reforço do subleito. Dessa forma, faz-se essencial que, ao iniciar a execução de uma obra, a escolha dos materiais deve ser levada em conta de tal modo que garanta as condições mínimas necessárias para o controle de variabilidade e atendimento às especificações vigentes que, por sua vez, determinam os índices mínimos de qualidade necessária (FONSECA; LIMA; COSTA, 2018).

De maneira geral, os materiais de pavimentação compactados devem apresentar-se resistentes, pouco deformáveis e com permeabilidade compatível com sua função na estrutura. Esses materiais são basicamente constituídos por agregados, solos e, eventualmente, aditivos como cimento, cal, emulsão asfáltica, entre outros. Para a seleção e a caracterização dos agregados, emprega-se tecnologia tradicional, pautada principalmente na distribuição granulométrica e na resistência, forma e durabilidade dos grãos (BERNUCCI *et al.*, 2010).

Já os materiais granulares com presença de frações mais finas, segundo Bernucci *et al.* (2010), não são indicados para o uso como materiais de construção de pavimentos e, logo, costuma-se tradicionalmente limitar a porcentagem e a atividade dessas frações de solo. Isso ocorre já que a presença de material granular com essa granulometria, passante na peneira de Nº 200, reduzem a permeabilidade e a rigidez, ao passo que aumentam a deformabilidade e, principalmente, a expansão volumétrica em contato com água – o que causa uma diminuição da resistência e durabilidade do pavimento.

De acordo com Parker e Brown (1992), a influência da distribuição granulométrica no desempenho é evidente, assim como a importância do devido controle dos parâmetros granulométricos – no caso das camadas granulares, o material passante nas peneiras de Nº40 e Nº200.

Os documentos normativos DNIT 141 (2010) e DNIT 139 (2010) explicitam condições específicas para os materiais empregados nos serviços de base e sub-base, respectivamente. Segundo essas normas, os materiais empregados devem possuir composição granulométrica satisfatória de acordo com o Número N de tráfego calculado segundo a

metodologia do USACE, assim como outras condições relacionadas aos limites de consistência, Índice de Suporte Califórnia, Ensaio de Abrasão Los Angeles, e entre outros.

2.3.2 *Controle de execução*

No que diz respeito ao controle tecnológico de execução, esse deve ser realizado normalmente em campo, ou “*in situ*”, de modo a verificar o comportamento estrutural e funcional do pavimento que entrará em serviço, frente às hipóteses admitidas em projeto e frente aos pré-requisitos de qualidade, variabilidade e aceitação estabelecidos pelos órgãos responsáveis. Este controle é de suma importância e visa coletar dados que permitam quantificar os benefícios ou prejuízos proporcionados às estruturas nas etapas construtivas (FERRI, 2013).

Ainda segundo o autor, esse tipo de controle, se realizado de forma adequada, pode fornecer aos construtores, contratantes e fiscais, ferramentas objetivas para tomadas de decisões quanto ao uso de medidas corretivas no caso de estruturas deficientes. Por esse motivo, o controle tecnológico de execução desses serviços deve ser feito seguindo as especificações técnicas, com intuito de fornecer uma obra de engenharia boa qualidade, segurança e economia aos usuários (ALVES, 2002).

À luz dos fatos supracitados, vale ressaltar que as metodologias de controle tecnológico de qualidade na área da pavimentação, no Brasil, atualmente, são preconizadas por meio de manuais e especificações, adotados pelos diversos órgãos rodoviários – sendo o DNIT o principal deles e com jurisdição nacional. Tais metodologias são conhecidas, no meio técnico, como controle de qualidade ou controle tecnológico de materiais e processos (FERRI, 2013).

No que se refere ao controle executivo das camadas granulares, pode-se afirmar que o grau de compactação em conjunto com o teor de umidade são os parâmetros mais importantes para o desempenho satisfatório do pavimento asfálticos, visto que os maiores problemas observados ocorrem, principalmente, quando não se atinge a compactação desejada para a camada em todo o maciço de solo, acarretando em defeitos que podem vir à tona mesmo após anos da construção. Entre os principais defeitos, podem-se citar as deformações permanentes excessivas, que originam a trilha de roda, escorregamentos de saia de aterro e erosão rápida devido à ação das chuvas (ALVES, 2002).

Assume-se, dessa forma, que as camadas granulares terão um desempenho estrutural satisfatório, ao longo da vida útil do pavimento, caso seja alcançado o grau de

compactação da camada e o teor de umidade próximos daqueles considerados ótimos, levando em conta a variabilidade do processo (MAIA, 2016).

Souza Junior (2005) cita entre os principais benefícios da correta execução e controle da variabilidade desses parâmetros o aumento da densidade, da resistência ao cisalhamento e da capacidade de suporte retratada através do CBR, além da redução do índice de vazios, a permeabilidade, a contração e a compressibilidade.

2.3.3 Especificações normativas para controle de qualidade

Diante das normatizações geridas e executadas pelo DNIT, as normas DNIT 141 (2010) e DNIT 139 (2010) definem, respectivamente, a sistemática a ser empregada no controle executivo das camadas de base e sub-base do pavimento utilizando solo estabilizado granulometricamente. Tais normas apresentam requisitos de execução, materiais, equipamentos utilizados, controle da qualidade, condições de conformidade e não-conformidade.

O controle da execução, de ambas as camadas granulares, deve ser exercido através de coleta de amostras, ensaios e determinações feitas de maneira aleatória, de acordo com o Plano de Amostragem Variável – vide subseção 7.4 das normas DNIT 139 (2010) e DNIT 141 (2010).

Os quadros 2 e 3 apresentam, respectivamente, um resumo dos pontos críticos dispostos nas normas vigentes para a realização da supervisão dos serviços de sub-base e base estabilizadas granulometricamente, bem como seus itens, métodos de controle, frequência, critérios e tolerâncias para a sua aceitação.

Quadro 2 - Resumo do controle executivo de sub-base estabilizada granulometricamente.

<i>Item de inspeção</i>	<i>Método de verificação</i>	<i>Frequência</i>	<i>Critério de aceitação</i>	<i>Tolerância</i>
<i>Condições de Início</i>				
Autorização para início dos serviços	Verificar, visualmente, a limpeza da superfície	Apenas antes do início	Superfície totalmente limpa	-
<i>Controle dos Materiais</i>				
<i>Continua</i>				

<i>Conclusão</i>				
<i>Item de inspeção</i>	<i>Método de verificação</i>	<i>Frequência</i>	<i>Critério de aceitação</i>	<i>Tolerância</i>
Ensaio de caracterização do material	DNER-ME 080/94, DNER-ME 082/94 e DNER-ME 122/94	cada 200 m de pista ou por jornada diária de trabalho. Pode ser a cada 400 m no caso de materiais homogêneos.	Atender a tolerância, devendo ser corrigido, caso necessário	IG = 0, exceto solos lateríticos
Ensaio de compactação	DNER-ME 129/94, com energia do Método B, ou maior	cada 200 m de pista ou por jornada diária de trabalho. Pode ser a cada 400 m no caso de materiais homogêneos.	Serve para determinar o futuro grau de compactação	-
Ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC) e Expansão	DNER-ME 049/94, com energia de compactação indicada no projeto	cada 400 m de pista onde foram retiradas as amostras de compactação. Pode ser a cada 800 m no caso de materiais homogêneos.	Atender a tolerância, devendo ser corrigido, caso necessário	-
<i>Controle de Execução</i>				
Ensaio do teor de umidade	DNER-ME 052/94 ou DNER-ME 088/94	cada 100 m de pista a ser compactada, em locais escolhidos aleatoriamente	Atender a tolerância, devendo ser corrigido, caso necessário	Hót ± 2%
Grau de Compactação	DNER-ME 092/94 ou DNER-ME 036/94	para cada 100 m de pista, por camada. Em áreas de, no máximo, 4.000 m ² , devem ser feitas pelo menos cinco determinações por camada	Utilizar nos cálculos massa específica aparente seca máxima obtida no laboratório e “ <i>in situ</i> ” obtida na pista	GC ≥ 100%
<i>Controle Geométrico e de acabamento</i>				
Largura da plataforma	Verificar a largura do aterro em relação a definida, utilizando-se de levantamento topográfico	Ao final da execução da camada	Atender a tolerância, devendo ser corrigido, caso necessário	±10cm
Cotas de Eixos e Bordos	Verificar as cotas de eixo e bordos do aterro em relação aos definidos em projeto/ordem de serviço, utilizando-se de levantamento topográfico	Ao final da execução da camada	Atender a tolerância, devendo ser corrigido, caso necessário	Espessura: ±10% da espessura de projeto; Flecha de abaulamento: ≤20%, em excesso, não tolerando falta
<i>Continua</i>				

<i>Conclusão</i>	
Aspecto Geral	<p>Verificar o acabamento das superfícies para que estejam desempenadas, sem depressões ou saliências</p> <p>Ao final da execução da camada</p> <p>Superfície totalmente plana</p> <p>-</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Quadro 3 - Resumo do controle executivo de base estabilizada granulometricamente.

<i>Item de inspeção</i>	<i>Método de verificação</i>	<i>Frequência</i>	<i>Critério de aceitação</i>	<i>Tolerância</i>
<i>Condições de Início</i>				
Autorização para início dos serviços	Verificar, visualmente, a limpeza da superfície	Apenas antes do início	Superfície totalmente limpa	-
<i>Controle dos Materiais</i>				
Ensaio de caracterização do material	DNER-ME 080/94, DNERME 082/94 e DNER/ME 122/94	cada 200 m de pista ou por jornada diária de trabalho. Pode ser a cada 400 m no caso de materiais homogêneos.	Atender a tolerância, devendo ser corrigido, caso necessário	IG = 0, exceto solos lateríticos
Ensaio de compactação	DNER-ME 129/94, com energia do Método B, ou maior	cada 200 m de pista ou por jornada diária de trabalho. Pode ser a cada 400 m no caso de materiais homogêneos.	Serve para determinar o futuro grau de compactação	-
Ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC) e Expansão	DNER-ME 049/94, com energia de compactação indicada no projeto	cada 400 m de pista onde foram retiradas as amostras de compactação. Pode ser a cada 800 m no caso de materiais homogêneos.	Atender a tolerância, devendo ser corrigido, caso necessário	-
<i>Controle de Execução</i>				
Ensaio do teor de umidade	DNER-ME 052/94 ou DNER-ME 088/94	cada 100 m de pista a ser compactada, em locais escolhidos aleatoriamente	Atender a tolerância, devendo ser corrigido, caso necessário	Hót ± 2%
<i>Continua</i>				

<i>Conclusão</i>				
<i>Item de inspeção</i>	<i>Método de verificação</i>	<i>Frequência</i>	<i>Critério de aceitação</i>	<i>Tolerância</i>
Grau de Compactação	DNER-ME 092/94 ou DNER-ME 036/94	para cada 100 m de pista, por camada. Em áreas de, no máximo, 4.000 m ² , devem ser feitas pelo menos cinco determinações por camada	Utilizar nos cálculos massa específica aparente seca máxima obtida no laboratório e “ <i>in situ</i> ” obtida na pista	GC ≥ 100%
<i>Controle Geométrico e de acabamento</i>				
Largura da plataforma	Verificar a largura do aterro em relação a definida, utilizando-se de levantamento topográfico	Ao final da execução da camada	Atender a tolerância, devendo ser corrigido, caso necessário	±10cm
<i>Item de inspeção</i>	<i>Método de verificação</i>	<i>Frequência</i>	<i>Critério de aceitação</i>	<i>Tolerância</i>
Cotas de Eixos e Bordos	Verificar as cotas de eixo e bordos do aterro em relação aos definidos em projeto/ordem de serviço, utilizando-se de levantamento topográfico	Ao final da execução da camada	Atender a tolerância, devendo ser corrigido, caso necessário	Espessura: ±10% da espessura de projeto; Flecha de abaulamento: ≤20%, em excesso, não tolerando falta
Aspecto Geral	Verificar o acabamento das superfícies para que estejam desempenadas, sem depressões ou saliências	Ao final da execução da camada	Superfície totalmente plana	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

2.4 Controle Estatístico da Qualidade (CEQ)

O Controle Estatístico da Qualidade pode ser definido, segundo *Western Electric Company* (1956), como uma forma de estudo das características de um processo, com o auxílio de números e dados, de maneira a fazê-lo comportar-se da forma desejada. Esse tipo de controle tem se mostrado de grande valor na identificação de causas especiais de variação em processos produtivos e na determinação de quando ações de melhoria devem ser iniciadas (CAULCUTT,

1996). O CEQ, portanto, é de suma importância para a adequada descrição, controle e redução da variabilidade e, portanto, melhoria da qualidade.

No contexto do CEQ, a qualidade está diretamente ligada à variabilidade do processo. Para o autor, qualidade é a conformidade às especificações e se traduz em repetir processos de forma correta usando material de qualidade, de forma consistente, para conseguir resultados refletem o desejo do consumidor (SAMOHYL, 2005).

A norma vigente no Brasil para controle estatístico de qualidade é a DNER-PRO 277/97, que tem como principal objetivo estabelecer a sistemática adotada no controle estatístico da qualidade da execução de obras e serviços rodoviários. Em resumo, essa norma estabelece o número de amostras a serem utilizadas no controle estatístico, com base em riscos prefixados (DNER,1997).

A metodologia utilizada para controle estatístico, pela DNER 277/97, abrange o estabelecimento de um plano de amostragem, o qual pressupõe-se a aleatoriedade no processo de coleta das amostras. Ressalta-se que uma das suposições intrínsecas ao controle estatístico das camadas granulares, relativo a essa norma, é que a variável aleatória, definida no escopo da mesma, deve ser assumida como aproximadamente normal (DNER,1997).

Tal fato implica que toda decisão de aceitação ou rejeição de serviço, assim como todo o controle estatístico de conformidade e variabilidade, supõe que os dados coletados no decorrer do processo executivo de base e sub-base sejam normalmente distribuídos – ou aproximadamente normais.

2.5 Estatísticas descritivas

Garfield e Ben-Zvi (2008) observaram que a compreensão das ideias de dispersão e variabilidade dos dados é componente chave para a compreensão do conceito de distribuição e é essencial para fazer inferências estatísticas. Segundo Finucan (1964), na prática, é usual utilizar quatro medidas para caracterizar uma distribuição amostral. Portanto, a seguir serão abordados alguns dos principais métodos de caracterização da literatura.

A média é uma medida de tendência central. Conforme exposto em Al-Qadi *et al.* (2020), a média populacional pode ser definida como a soma dos valores de todas as variáveis aleatórias divididas por sua contagem. Além da média, outras medidas de tendências centrais são usadas, tais quais: a mediana que pode ser definida como o valor que ocupa a posição central do conjunto dos dados ordenados; e a moda que é que o valor (elemento) mais frequente da distribuição.

Ainda segundo Al-Qadi *et al.* (2020), o desvio padrão é uma medida usada para quantificar a dispersão e variação de dados, o mesmo pode ser definido, também, como a raiz quadrada da variância. Nesse contexto, existem outros importantes parâmetros que eventualmente podem ser usados para medir a variação dos dados, pode-se citar: a amplitude, a variância e coeficiente de variação, por exemplo.

Outra medida abordada é a assimetria, essa pode ser definida como o grau de deformação de uma distribuição em relação ao eixo de simetria. Segundo Medri (2011), apesar das medidas de tendência central e dispersão possibilitarem descrever estatisticamente um conjunto de dados, é necessário obter indícios do comportamento e da distribuição dos dados.

Finalmente, como a última forma de caracterização de uma distribuição, Medri (2011) define a curtose como o grau de achatamento de uma distribuição em relação a uma distribuição padrão denominada de curva normal. Assim como o coeficiente de assimetria, o coeficiente de curtose serve como um parâmetro para indicar a respeito da distribuição dos dados.

2.6 Testes de hipóteses

Os testes de hipóteses são uma metodologia que nos permite fazer inferências sobre uma ou mais populações a partir do estudo de uma ou mais amostras. O objetivo desse tipo de teste é determinar se uma hipótese ou conjectura que fazemos acerca de um parâmetro de uma população é plausível, isto é, se tem razão de ser, com base na informação obtida a partir de uma amostra retirada dessa população (FIRMINO, 2015).

Ainda segundo o autor, o teste de hipóteses é um procedimento estatístico constituído por duas hipóteses: a hipótese a ser testada designa-se por Hipótese Nula (H_0), que corresponde frequentemente ao estado atual, ao que é tradicionalmente aceito. A Hipótese Alternativa (H_1) que corresponde a uma situação em que existe uma alteração face ao que é habitual; exprime, por exemplo, aquilo que um investigador está a tentar estabelecer com um novo estudo sobre o assunto.

2.6.1 Avaliação da normalidade dos dados

A distribuição Normal é uma das mais importantes distribuições de probabilidades da estatística, conhecida também como Distribuição de Gauss ou Gaussiana. Tal distribuição é representada por um gráfico simétrico, em forma de sino, conforme a Figura 2, e que pode ser descrita pela função densidade de probabilidade, exposta na Equação 1. A equação da curva

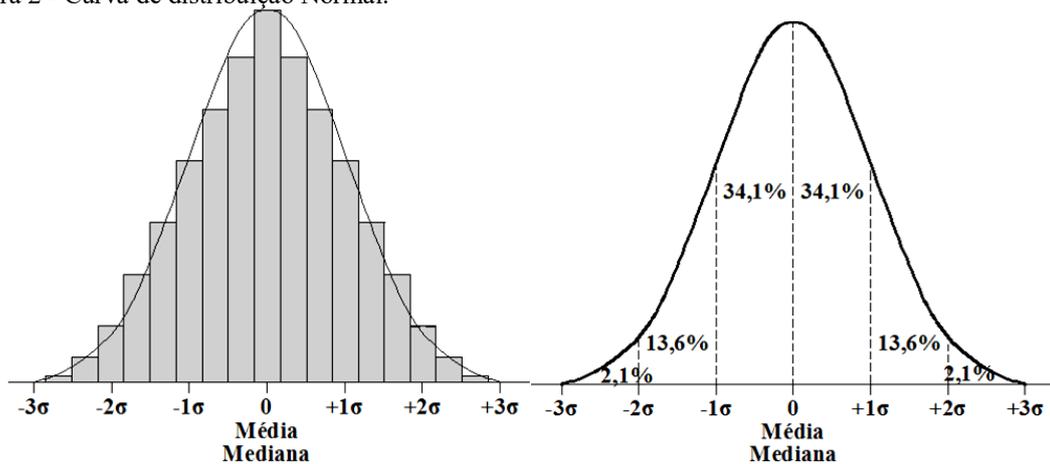
Normal tem média populacional μ , e desvio padrão populacional σ , ou equivalente a variância populacional σ^2 . Quando a distribuição dos dados é normal, a média se encontra no centro da distribuição e possui o mesmo valor da mediana e da moda, devido à simetria da curva (TRIOLA, 2008).

$$f(x) = \frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}}{\sigma\sqrt{2\pi}}, \quad x \in \mathbb{R} \quad (1)$$

onde e é o número de Euler e as demais variáveis (μ , σ) já foram descritas anteriormente.

Para a distribuição Normal, os valores que estão afastados três desvios padrão acima e três desvios padrão abaixo da média são considerados *outliers*, conforme podemos constatar visualmente na Figura 2.

Figura 2 - Curva de distribuição Normal.



Fonte: Lopes (2010).

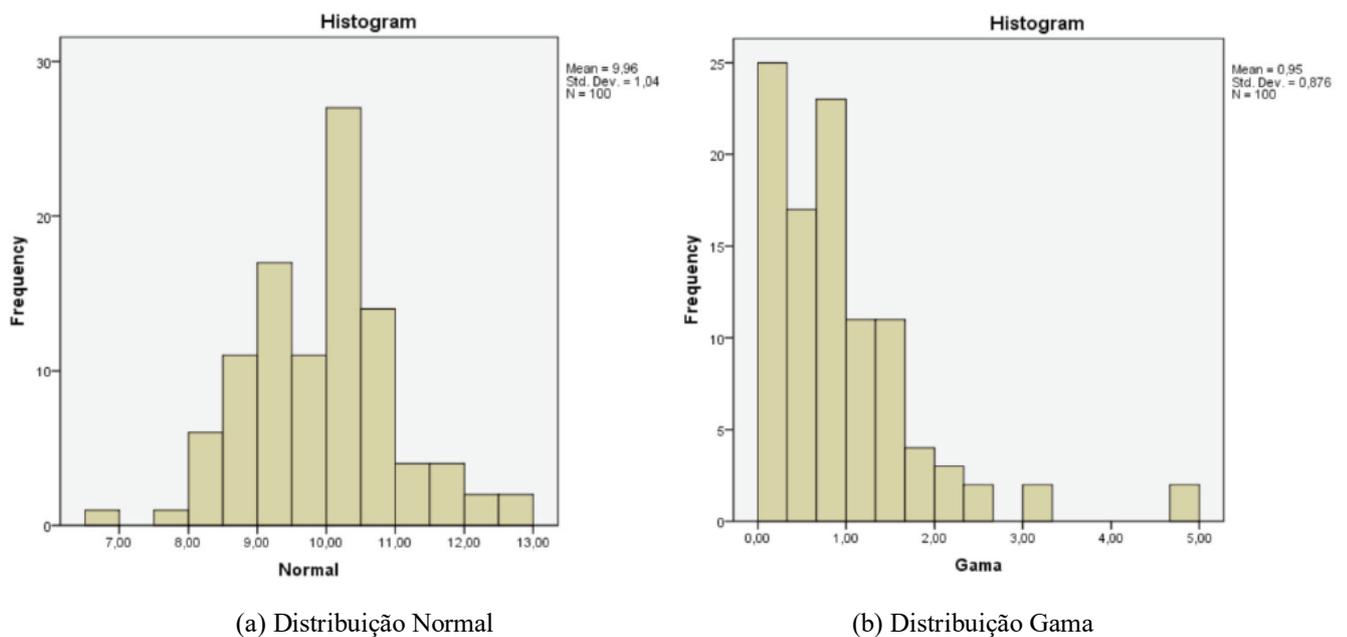
A avaliação da suposição de normalidade dos dados é exigida na grande maioria dos estudos estatísticos. Isso ocorre uma vez que nessas análises, geralmente, assume-se uma certa distribuição dos dados, no caso, a distribuição paramétrica (normal). Faz-se necessário, portanto, analisar se a suposição de normalidade dos dados é verdadeira e, por consequência, validar a interpretação dos procedimentos estatísticos posteriores. Entretanto, se essa suposição de normalidade for violada, as inferências e suposições, do ponto de vista paramétrico, podem não ser confiáveis (RAZALI; WAH, 2011).

Dentre os métodos disponíveis para se avaliar essa normalidade, podem-se citar: *Anderson-Darling*, *Cramer-von Mises*, *Kolmogorov-Smirnov* e *Shapiro-Wilk* e entre outros, além de recursos gráficos, como histograma e Gráfico Q-Q.

O histograma e o gráfico de dispersão normal Q-Q, classificados como métodos gráficos, são normalmente usados para tal análise, no entanto, eles não informam se a distribuição está próxima suficiente da normalidade (FIELD, 2009). Isso acontece pois está atrelado a eles uma certa subjetividade, entretanto os mesmos correspondem a uma forma visual e eficaz de entender como se encontra a distribuição dos dados.

O histograma, por sua vez, é um gráfico de barras justapostas em que no eixo horizontal está a variável de interesse dividida em classes e no eixo vertical a frequência da classe correspondente (SOARES 2002). Na Figura 3, tem-se dois exemplos de histogramas provenientes de amostras de tamanho 100, onde, na Figura 3(a) tem-se dados gerados de uma distribuição Normal, e na Figura 3(b), dados gerados de uma distribuição Gama. Verifica-se que a forma simétrica da Normal está presente no primeiro exemplo, mas não no segundo, como esperado.

Figura 3 - Exemplos de histograma.



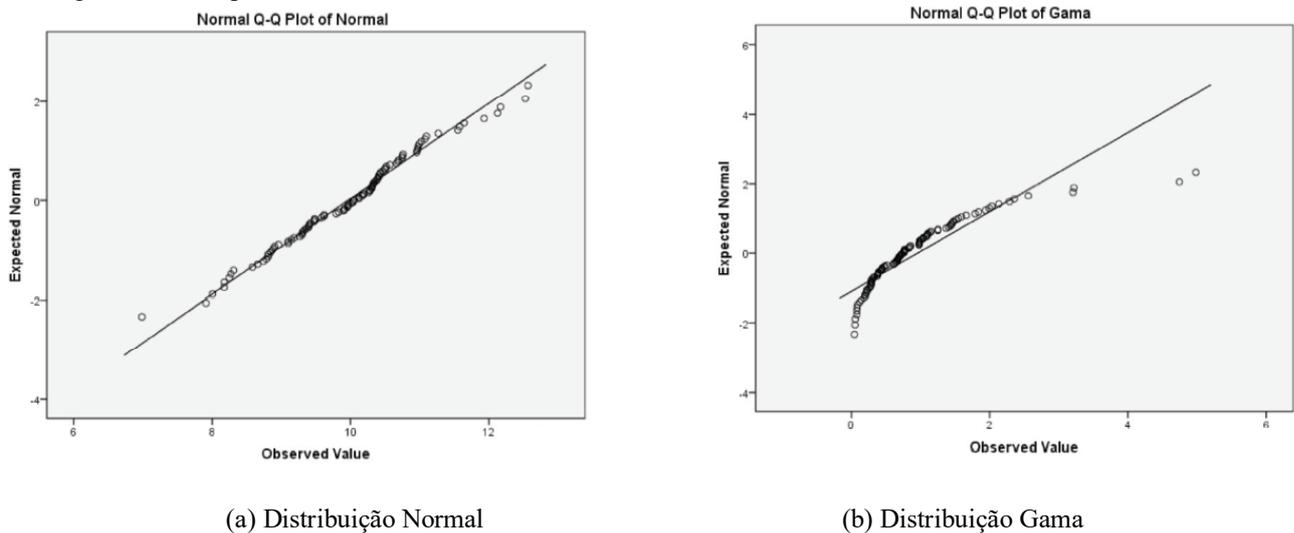
Fonte: Torman, Costa e Riboldi (2012).

Já o Gráfico Q-Q, segundo Wilk & Gnanadesikan (1968), tem no eixo horizontal os valores observados da variável, e no eixo vertical, os valores esperados caso a variável tenha distribuição Normal. Se há uma boa aderência dos dados à distribuição Normal os pontos estão próximos a reta de referência apresentada no gráfico (TORMAN; COSTER; RIBOLDI, 2012).

Na Figura 4, tem-se dois exemplos de Gráficos Q-Q provenientes de amostras de tamanho 100: dados gerados de uma distribuição Normal – Figura 4(a), e dados gerados de uma

distribuição Gama – Figura 4(b). Observa-se que os pontos aproximam bem da reta no caso da variável com distribuição Normal, o que não é visto para a variável com distribuição Gama.

Figura 4 – Exemplos de Gráficos Q-Q.



(a) Distribuição Normal

(b) Distribuição Gama

Fonte: Torman, Costa e Riboldi (2012).

Entretanto os métodos gráficos, geralmente, são utilizados apenas para dar apoio aos métodos numéricos. Dito isso, portanto, recomenda-se utilizar métodos numéricos e testes de normalidade formal antes de tomar qualquer conclusão sobre a normalidade dos dados. Os métodos numéricos incluem os coeficientes de assimetria e curtose, enquanto o teste de normalidade é um procedimento mais formal em que envolve testar se um dado particular segue uma distribuição normal. (RAZALI; WAH, 2011).

Um estudo, feito por Ahad *et al.* (2011), verificou a sensibilidade, ou seja, a capacidade do teste de julgar corretamente a normalidade dos dados, dos testes *Kolmogorov-Smirnov* (KS), *Anderson-Darling* (AD), *Cramer-von Mises* (CVM) e *Shapiro-Wilk* (SW) em dados propositalmente não normalmente distribuído em variados tamanhos amostrais (39 a 201). O teste identificou o SW como o melhor dos testes, já que ele consegue julgar corretamente o banco de dados com um tamanho amostral menor (a partir e 39), ou seja, é mais sensível, enquanto o KS se destacou com o pior resultado – com um número de amostras maior ou igual a 77 para atestar que o banco de dados não é normal.

Em paralelo a isso, outro estudo corrobora com os resultados desse anteriormente citado, Razali e Wah (2011), por sua vez, compararam os poderes de testes de normalidade SW, KS, AD e *Lilliefors* (LF), onde os poderes dos testes analisados nesse estudo variaram de acordo com o tamanho da amostra (10 a 2000).

Diante do exposto, no que diz respeito aos testes formais, um ponto importante a ser discutido é que diferentes testes de normalidade frequentemente produzem resultados diferentes, ou seja, alguns testes rejeitam, enquanto outros aceitam a hipótese nula de normalidade. (RAZALI; WAH, 2011). Destaca-se, portanto, a necessidade de realizar mais de um teste para confirmar, de fato, os resultados produzidos.

O teste de *Lilliefors* (LF) é uma modificação do teste de *Kolmogorov-Smirnov* (KS), sendo esse último apropriado quando se conhece os parâmetros da distribuição hipotética. Porém, conhecer esses parâmetros, por muitas vezes, se torna muito difícil já que a própria distribuição é desconhecida.

No teste LF os parâmetros são estimados com base na amostra por padrão e a estatística do teste é calculada sobre os valores amostrais "normalizados", já no KS quando isso é necessário, os resultados podem ser enganosos (LILLIEFORS, 1967). Dessa forma o teste *Lilliefors* (LF) se torna preferível em relação ao de *Kolmogorov-Smirnov* (KS). Em ambos os testes a estatística de teste é a diferença absoluta entre a função de distribuição acumulada empírica e a hipotética e pode ser calculado conforme Equação 2,

$$D = \max\{D^+, D^-\} \quad (2)$$

em que $D^+ = \max\left[\left(\frac{i}{n}\right) - U_i\right]$ e $D^- = \max[U_i - (i - 1)/n]$. Considerando n observações \hat{z}_{in} ou \hat{z}_i , para $1 \leq i \leq n$, e a transformação $U_i = \Phi\left(\frac{\hat{z}_{in}}{\sigma}\right)$, onde $\Phi(\cdot)$ denota a função de distribuição cumulativa da normal padrão $N(0,1)$.

Já o teste *Anderson-Darling* (AD) é uma modificação do teste *Cramer-von Mises* (CVM), a diferença entre os dois está na medida em que o AD dá mais peso às caudas da distribuição (FARREL e STEWART, 2006). De acordo com Arshad *et al.* (2003 *apud* Razali; Wah, 2011), este teste é o mais poderoso da classe dos testes de função de distribuição empírica (FDE). Este teste é definido pela Equação 3.

$$AD^2 = -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(2i - 1) \ln U_i + (2n + 1 - 2i) \ln(1 - U_i)] \quad (3)$$

considerando n observações \hat{z}_{in} ou \hat{z}_i , para $1 \leq i \leq n$, e a transformação $U_i = \Phi\left(\frac{\hat{z}_{in}}{\sigma}\right)$, onde $\Phi(\cdot)$ denota a função de distribuição cumulativa da normal padrão $N(0,1)$.

Finalmente, de acordo com Razali e Wah (2011), o teste de Shapiro e Wilk (1965)

foi originalmente restrito para tamanho de amostra inferior a 50. Entretanto, posteriormente, melhorou-se a aproximação para os pesos o que permitiu ser usado para qualquer n no intervalo $3 \leq n \leq 5000$. O teste SW é considerado o mais sensível em uma ampla gama de distribuições alternativas, ele foi, por sua vez, segundo Althouse *et al.* (1998), o primeiro teste a detectar desvios devido a assimetria ou curtose, ou ambos. Esse é o mais conhecido teste baseado em regressão e correlação, e é definido pela Equação 4.

$$SW = \frac{1}{(n-k)s^2} \cdot (\sum_{i=1}^n a_i \hat{z}_i)^2 \quad (4)$$

onde $a' = (a_1, \dots, a_n) = \frac{c'V^{-1}}{(c'V^{-2}c)^2}$, $c' = (c_1, \dots, c_n)$, e V são o vetor de valores esperados e a matriz de covariâncias das estatísticas de ordem da normal padrão, respectivamente.

2.6.2 Teste de Levene's

Um procedimento relativamente insensível a desvios de normalidade é o teste de Levene. Este teste é robusto já que na ausência de normalidade seu tamanho real é próximo do nível de significância fixado para uma grande variedade de distribuições de probabilidade. Logo, esse teste tem se constituído como uma técnica útil para comparação de médias e variâncias quando as suposições básicas dos testes de igualdade de variâncias e de igualdade de médias não são satisfeitas (ALMEIDA; ELIAN E NOBRE, 2008).

A estatística de Levene (1960) testa a igualdade de variâncias para estudos balanceados, porém essa técnica foi posteriormente generalizada para estudos desbalanceados. Tal estatística é obtida a partir de uma análise de variância de um fator, uma vez que os níveis são as populações.

A teoria desse teste, proposta por Levene (1960), funciona da seguinte maneira: Suponha que sejam tomadas $k \geq 2$ amostras aleatórias independentes entre si, da forma que X_{i1}, \dots, X_{in} , para $i = 1, \dots, k$. A amostra i representa uma coleção de n_i variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas, com distribuição G_i , média μ_i e variância σ_i^2 , sendo todos desconhecidos. A hipótese nula H_0 , em que se assume variâncias iguais, é testada contra a hipótese alternativa H_1 em que nem todas as variâncias são iguais, conforme mostra as Equações 5 e 6.

$$H_0: \sigma_1^2 = \dots = \sigma_k^2 \quad i = 1, \dots, k \quad (5)$$

$$H_1: \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2 \text{ para algum } i \neq j, \quad j = 1, \dots, k \quad (6)$$

A estatística usada nesse teste é mostrada na Equação 7,

$$W_0 = \frac{(n-k) \sum_{i=1}^k n_i (\bar{z}_i - \bar{z})^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Z_{ij} - \bar{z}_i)^2} \quad (7)$$

em que $\bar{z}_i = n_i^{-1} \sum_{j=1}^{n_i} Z_{ij}$, $\bar{z} = n^{-1} \sum_{i=1}^k n_i \bar{z}_i$, $n = \sum_{i=1}^k n_i$. Existe um valor p correspondente à estatística de Levene calculada. Se este valor de p for menor que o nível de significância α pré-especificado (geralmente considerado 0,05), então os desvios padrão são considerados significativamente diferentes. Caso contrário, diz-se que os desvios padrão são iguais.

2.6.3 Teste de comparações múltiplas

A modificação de Brown e Forsythe (1974) do teste de Levene (1960) é, talvez, um dos procedimentos mais amplamente usados para testar a homogeneidade (igualdade) de variâncias, conforme citado na subseção anterior. Em parte, esse teste, conhecido como teste $W50$, é popular devido a sua robustez e sua característica de ser assintoticamente livre de distribuição. Comparado com outros testes de homogeneidade de variâncias, o teste $W50$ também é fácil de calcular (BANGA e FOX, 2013).

Contudo, para algumas distribuições, o teste $W50$ pode ser muito baixo, particularmente em pequenas amostras. Por exemplo, segundo Pan (1999), para algumas distribuições, incluindo a distribuição normal, o teste $W50$ pode não ter poder suficiente para detectar diferenças entre dois desvios padrão, independentemente da magnitude das diferenças.

Os intervalos do teste de Múltiplas Comparações (MC) são úteis para a comparação de desvios padrão ou variâncias de experimentos de múltiplas amostras. Quando o teste de múltipla comparação global é significativo, os desvios padrão que correspondem aos intervalos não sobrepostos são estatisticamente diferentes. O procedimento de MC gráfico consiste na exibição de intervalos em um gráfico para identificação visual das amostras com intervalos não sobrepostos. Além disso, o valor- p do teste geral da homogeneidade de variância (ou desvio padrão) pode ser determinado (BANGA e FOX, 2013).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido e fundamentado através da documentação de uma obra de pavimentação, já executada, localizada em uma rodovia estadual na região metropolitana de Fortaleza e sob a jurisdição da Superintendência de Obras Públicas (SOP). Os documentos analisados incluem relatórios de acompanhamento e controle tecnológico com as devidas informações previstas nas normatizações para o controle desse tipo de camada.

A obra, em questão se deu no período de 2014 a 2017, a mesma iniciou na estaca [0+20m] e sua última medida ocorreu na estaca [36+400]. É válido citar, entretanto, que esse estaqueamento não se deu de forma contínua durante a obra, logo não se sabe qual a extensão real do trecho. Estima-se um pouco menos 36 km, dado a descontinuidade das medições.

A pesquisa se concentra, em suma, nos dados documentados dos parâmetros de interesse, ou seja, os mais relevantes, para as camadas granulares (base e sub-base), sobretudo aqueles que mais afetam o desempenho à medida que diferem das especificações de projeto: Teor de umidade e Grau de compactação.

Entretanto, ressalta-se, também, a validade da análise do controle executivo e estatístico de outros parâmetros essenciais das camadas granulares, como o ISC – Índice de Suporte Califórnia, em ambas as camadas, e o percentual passante nas peneiras N°40 e N°200, no caso da camada de base – já que esses últimos não são previstos na norma de sub-base.

A Tabela 1 apresenta um resumo das amostras do banco de dados, para todos os parâmetros analisados em cada uma das camadas.

Tabela 1 – Tabela resumo das propriedades estudadas

Camada	Propriedade	Símbolo	Unidade	Quantidade (N)
Base	Grau de compactação	GC	%	305
	Umidade <i>in situ</i>	h <i>in situ</i>	%	302
	Percentagem passante na peneira de número 40	N°40	%	144
	Percentagem passante na peneira de número 200	N°200	%	144
	Índice de suporte Califórnia	ISC	%	141
Sub-base	Grau de compactação	GC	%	267
	Umidade <i>in situ</i>	h <i>in situ</i>	%	262
	Índice de suporte Califórnia	ISC	%	122

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Percebe-se que os parâmetros de maior interesse no controle executivo, teor de umidade e grau de compactação, quando comparados com os demais, têm um número significativamente maior de ensaios, o que indica o rigor e a importância do controle de tais parâmetros.

3.1 Etapas metodológicas

As etapas metodológicas deste estudo se concentraram na identificação da distribuição dos dados, caracterização e análise estatística da variabilidade dos principais parâmetros executivos das camadas granulares, proveniente de um banco de dados de um trecho rodoviário já executado.

Desse modo, serão abordados nessa seção os métodos utilizados para avaliar o controle executivo e variabilidade dos pavimentos flexíveis, com foco em base e sub-base. Um programa de análise de dados foi desenvolvido de acordo com os objetivos do estudo. O escopo do mesmo inclui estatísticas descritivas, testes de hipóteses, visualização de dados e correlações. Tal metodologia se deu seguindo o fluxograma exposto na Figura 5.

Figura 5 - Fluxograma das etapas metodológicas



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.1.1 Caracterização estatística da variabilidade de cada parâmetro

Para a caracterização estatística dos dados utilizou-se o *software* Minitab, tal procedimento foi realizado em cada um dos parâmetros, em ambas as camadas, com o intuito de descrever o banco de dados em estudo. De modo geral, nesse procedimento, obteve-se os valores de média, variância, desvio padrão, coeficiente de variação, valor máximo, valor mínimo, primeiro e terceiro quartil, amplitude, mediana, coeficiente de variação, assimetria e curtose.

3.1.2 Verificação da distribuição estatística dos parâmetros de interesse

A avaliação da normalidade dos dados é um pressuposto básico e necessário para o controle de qualidade em obras rodoviárias, sendo uma suposição assumida e disposta na norma DNER-PRO 277/97. O não cumprimento dessa hipótese afeta diretamente a aprovação e o recebimento dos serviços executados. Dessa forma, tal avaliação se deu tanto por meio do *software* estatístico Minitab, na sua versão 21.1 (com funções específicas mais voltadas para gerenciamento), como também, pelo *software* estatístico SPSS 28 que oferece uma análise estatística avançada e uma ampla biblioteca de algoritmos, ambos em versão de avaliação estudantil.

Inicialmente, para analisar o banco de dados quanto à distribuição normal dos dados, utilizou-se os seguintes métodos gráficos: histograma e o gráfico de dispersão normal *Q-Q*. Através destes é possível ter uma noção geral da distribuição e comportamento dos dados em comparação com uma distribuição paramétrica. Por fim, aplicou-se também, os testes numéricos de Anderson-Darling, Shappiro-Wilk e Lilliefors, com um nível de significância $\alpha = 5\%$, tais métodos são apresentados e descritos na subseção 2.8.1 desse trabalho.

Dependendo dos resultados dos testes de normalidade, buscou-se encontrar qual é a distribuição de probabilidade dos dados – caso os testes numéricos não identifiquem a distribuição como normal. De modo geral, o processo de identificação baseia-se na comparação da distribuição da amostra de interesse com outras distribuições já encontradas na literatura. As análises supracitadas foram realizadas para os todos os parâmetros considerados nesse trabalho.

3.1.3 Análise estatística da variabilidade geral entre os parâmetros

Em uma primeira análise, buscou-se comparar o nível de variabilidade entre os parâmetros, em cada uma das camadas. Para tanto, procurou-se utilizar o coeficiente de variância (CV) por se tratar de uma medida de variabilidade relativa. Tal coeficiente foi obtido através do *software* Minitab, durante a descrição estatística previamente realizada. Uma vez com os valores de CV calculados para todos os parâmetros, plotou-se um gráfico de barras, para cada camada, de modo que permitisse a análise visual das diferenças de variabilidade entre as propriedades.

3.1.4 Análise estatística temporal da variabilidade de cada parâmetro

Para análise de variabilidade ao longo do tempo, primeiramente, fez-se necessário a organização das informações dos relatórios no *software* Microsoft Excel 2016, permitindo o destaque das informações principais como: camada analisada, data da amostragem, posição do estaqueamento da coleta, resultado dos ensaios dos parâmetros de interesse e entre outros. Definiu-se, a partir disso, os três cenários de análise do processo executivo ao longo do tempo, os períodos em questão são definidos no Quadro 4.

Quadro 4 - Cenários de análise do processo executivo da obra

Etapa	Período	
	Base	Sub-base
Inicial	06/2014 a 06/2015	06/2014 a 06/2015
Intermediária	07/2015 a 07/2016	07/2015 a 06/2016
Final	08/2016 a 10/2017	07/2016 a 10/2017

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A coleta de dados dos parâmetros analisados foi documentada por 41 meses no total. Salienta-se que, durante esse período, as coletas de amostras para realização dos ensaios de controle tecnológico não obedeciam a um padrão, o número de coletas nos meses finais de cada ano, por exemplo, era sempre superior aos dos meses iniciais, além disso, o primeiro ano de empreendimento teve, significativamente, menos observações quando comparado com os demais anos.

Para uma melhor visualização, plotou-se os dados disponibilizados em gráficos de dispersão em função do tempo, em ambas as camadas granulares. Em cada um dos gráficos, plotou-se, também, as retas de média, mediana e, quando existente, do limite de aceitação especificado por norma, ao longo das três fases do empreendimento – etapa inicial, intermediária e final. Construiu-se, também, os diagramas *Boxplot* para os três anos analisados, em cada um dos parâmetros. Por meio dessas ferramentas visuais, procurou-se analisar a disposição e dispersão dos dados, de modo a avaliar qualitativamente as fases da obra.

Subsequentemente, de modo a fornecer suporte a análise qualitativa supracitada, buscou-se estimar os desvios padrões, dos períodos analisados, por meio do intervalo de confiança de Bonferroni, com nível de significância $\alpha = 5\%$. Ao utilizar essa ferramenta, é

possível ter 95% de certeza de que todo o conjunto de intervalos de confiança inclui os verdadeiros desvios padrão da população para todos os grupos.

Em paralelo a isso, procurou-se utilizar o Teste de Igualdade de Variância de Levene e o Teste de Comparações Múltiplas, ambos com nível de significância $\alpha = 5\%$, afim de analisar a variabilidade em cada uma das etapas do processo executivo da obra. Tais testes visam avaliar, por meio de insumos numéricos, a rejeição ou não da hipótese da igualdade variâncias entre os grupos, conforme abordado na seção 2 desse trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização estatística

De modo geral, sabe-se que por meio das medidas de tendência central e dispersão, em conjunto com as medidas de assimetria e curtose é possível obter uma visão global da variação, comportamento e distribuição dos dados. Tais medidas são de extrema relevância para o acompanhamento e fiscalização do processo executivo de base e sub-base, uma vez que sintetizam as principais propriedades de controle.

Diante disso, nessa etapa do trabalho, foram submetidas a análise estatística o banco de dados com cerca de 268 coletas de amostras para camada de sub-base e 305 para a de base, documentado e disponibilizado pela empresa executora. A Tabela 2 resume os resultados de caracterização estatística de ambas as camadas granulares.

Tabela 2 - Caracterização estatística básicas dos parâmetros das camadas granulares

Estatísticas Descritivas								
	Base					Sub-base		
	ISC (%)	GC (%)	<i>h in situ</i> (%)	Nº 40 (%)	Nº 200 (%)	ISC (%)	GC (%)	<i>h in situ</i> (%)
Total	305	305	305	305	305	268	268	268
N	141	305	302	144	144	122	267	262
Média	128,43	101,44	6,6401	23,831	9,278	38,52	101,08	9,3644
Desvio Padrão	20,76	0,942	0,7020	3,515	2,316	13,73	0,731	1,3378
Variância	431	0,888	0,4928	12,355	5,363	188,43	0,535	1,7898
CV	16,17	0,93	10,57	14,75	24,96	35,63	0,72	13,89
Mínimo	96	100	5	15,5	4,60	13	100	6,5
Q1	114	100,70	6	21,325	7,40	28	100,50	8,6
Mediana	128	101,20	6,5	24,65	9,35	35,50	101	9,6
Q3	138	102	7	26,40	10,60	44,50	101,5	10,6
Máximo	221	104,6	9	32	16,10	83	103,5	13,2
Amplitude	125	4,60	4	16,50	11,50	70	3,50	6,7
Moda	118	100,9	6	25,8;26,1	9,6	41	101	10
N Moda	15	19	81	7	9	11	22	34
Assimetria	1,40	0,77	0,88	-0,39	0,42	0,95	0,88	0,29
Curtose	3,20	-0,09	0,54	-0,66	-0,29	0,75	0,36	-0,39

continua

conclusão

Legenda: Total (número de medições do banco de dados), N (número de medições para cada parâmetro, CV (Coeficiente de Variação); Q1 (primeiro quartil), Q3 (terceiro quartil), N Moda (quantidade de vezes que a Moda se repete).

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

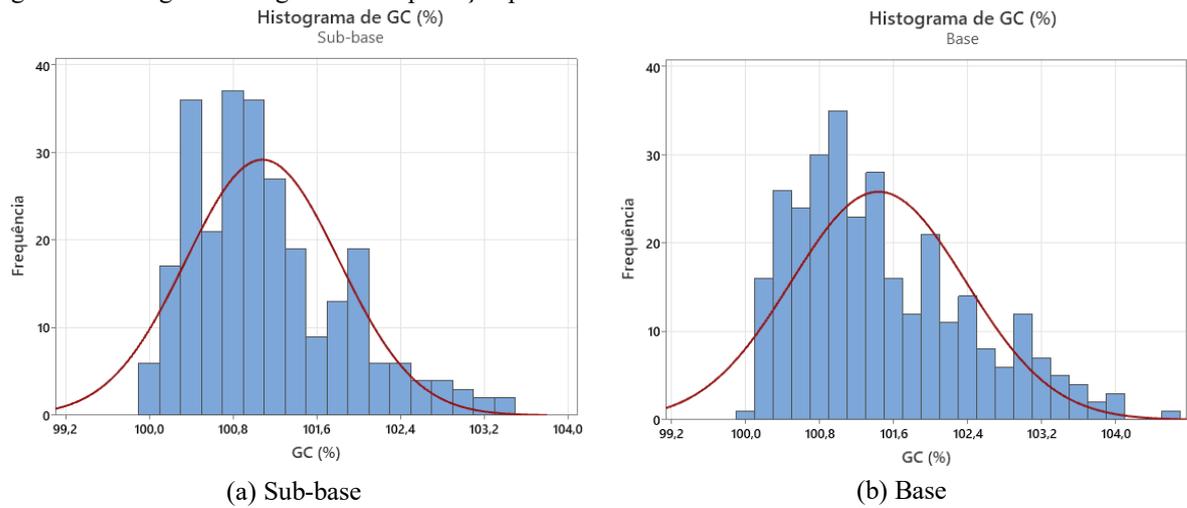
No geral, ao analisar a Tabela 2, observa-se que os valores de média, na maioria dos parâmetros, são superiores em relação aos da mediana, em ambas as camadas. O valor médio dessa diferença é de 2,26% – sendo o GC o parâmetro em que foi encontrado a maior diferença (8,51%). Nesses casos, pode-se afirmar que a maioria dos dados se encontra abaixo da média, isso também pode ser observado pela assimetria positiva encontrada nesses casos. Os parâmetros N°40, N°200 e o h *in situ* da sub-base são as exceções, neles os valores de mediana ultrapassam os da média em torno de 2,24%.

No que diz respeito à dispersão dos dados, o ISC, no geral, apresenta um desvio padrão elevado, com destaque para a camada de sub-base uma vez que o valor de mínimo (13) é ultrapassado pelo desvio padrão dessa camada (13,73). Esse também é o parâmetro com maior amplitude, com destaque para a camada de base que possui a variação entre valores mínimos e máximos quase duas vezes superior a de sub-base.

4.2 Verificação da normalidade dos dados

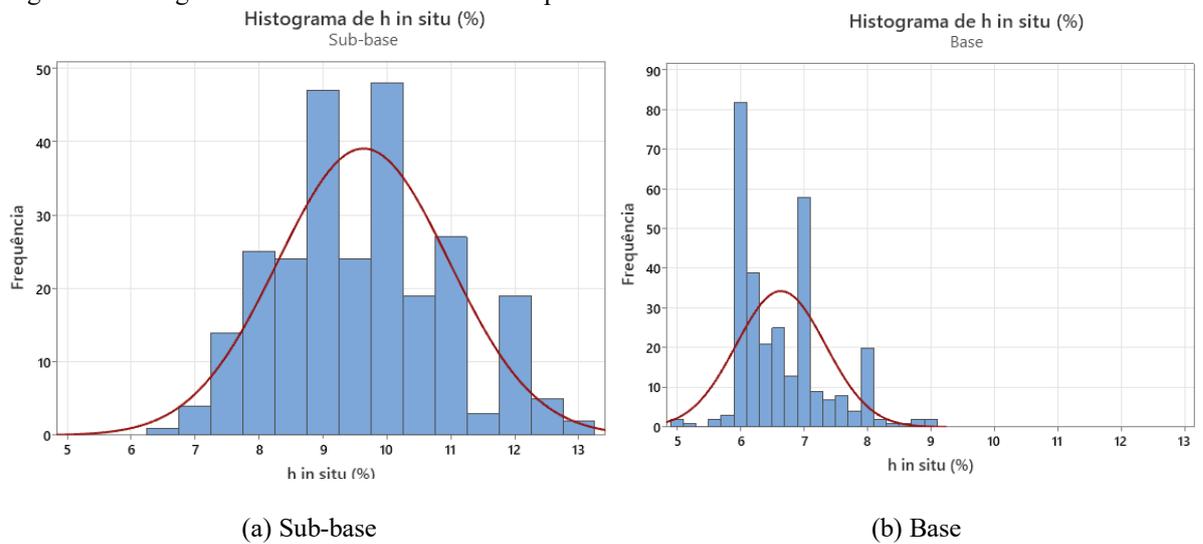
A análise da distribuição dos dados é fundamental para qualquer controle estatístico de qualidade, no cenário rodoviário isso é evidenciado pela preocupação com a normalidade dos dados nos processos de aceitação dos serviços, presentes na norma DNER-PRO 277/97. Em vista disso, as Figuras 6, 7 8 e 9 representam os histogramas dos dados, de todos os parâmetros analisados para as camadas de sub-base e base.

Figura 6 - Histogramas de grau de compactação para ambas as camadas.



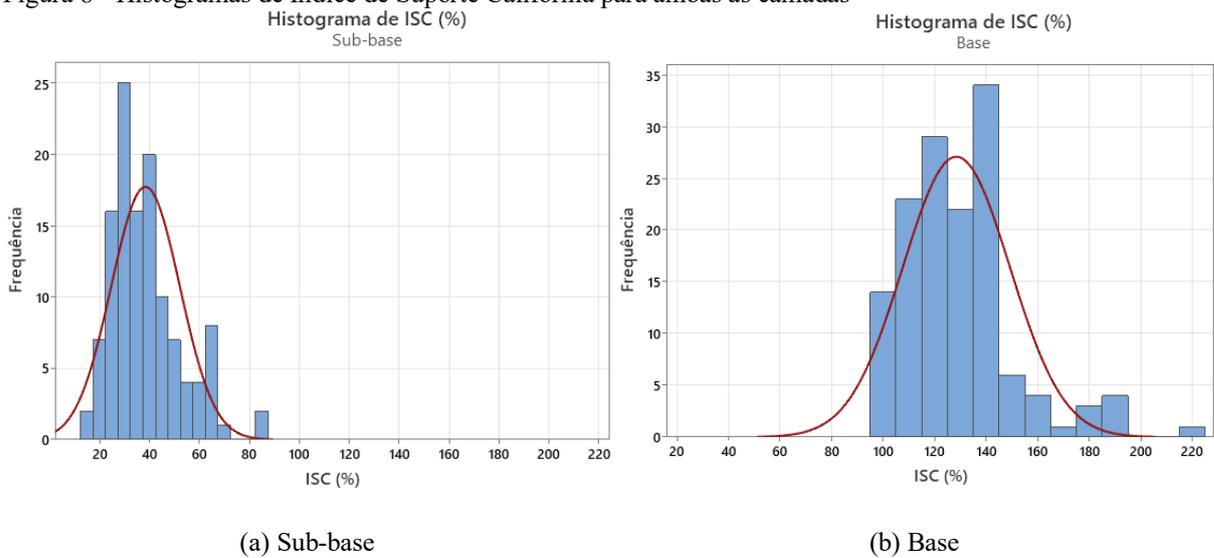
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 7 - Histogramas de teor de umidade *in situ* para ambas as camadas



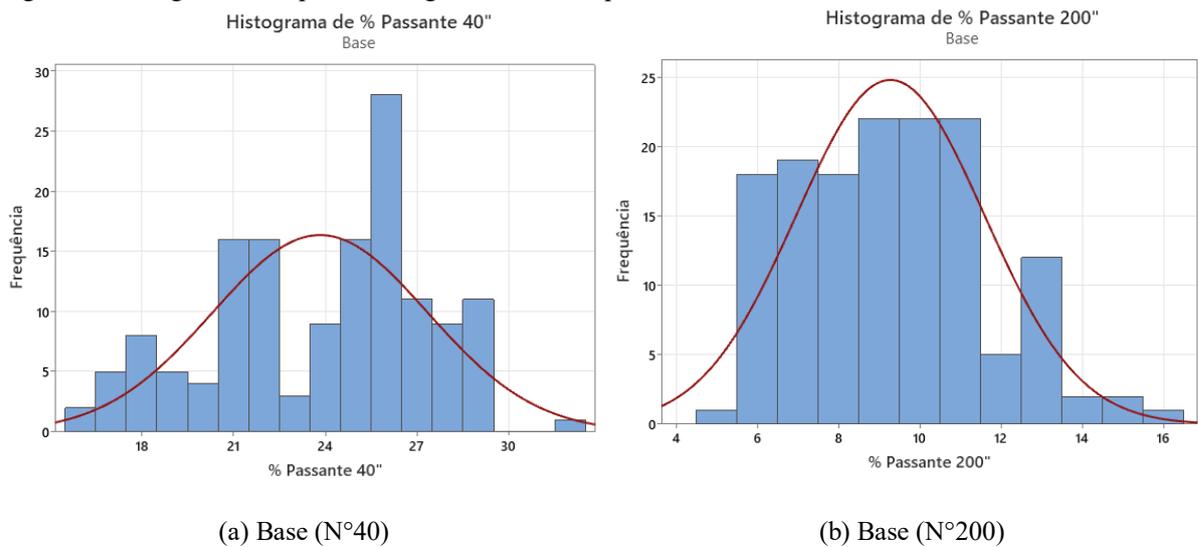
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 8 - Histogramas de Índice de Suporte Califórnia para ambas as camadas



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 9 - Histogramas dos parâmetros granulométricos para camada de base.



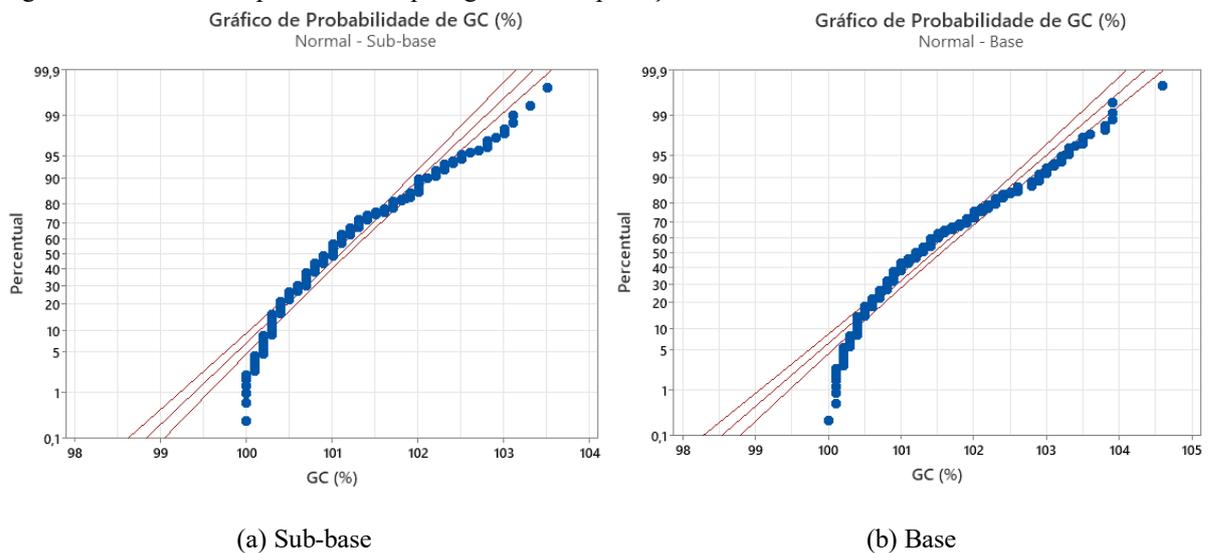
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Segundo Burati e Weed (2006), é razoável esperar que a distribuição da maioria dos materiais de construção seja aproximadamente normal, entretanto, ao analisar os histogramas gerados, percebe-se que a distribuição normal não é observada em nenhum dos conjuntos de dados. Os parâmetros que visualmente demonstram o comportamento mais próximo de uma distribuição normal são o grau de compactação e o ISC, expostos nas Figuras 6 e 8, respectivamente. Entretanto, nos histogramas em questão é percebido uma leve assimetria para a esquerda em relação a curva da distribuição normal.

No que concerne ao histograma da umidade *in situ*, percebe-se, na camada de sub-base (Figura 7(a)), uma distribuição dos dados com características próximas a distribuição normal, porém com dois picos próximos não centrais. Já os histogramas relativos às peneiras N° 40 e N°200 (Figura 9) expressam uma distribuição que, dentre todas, menos se assemelha com a distribuição paramétrica – ou normal.

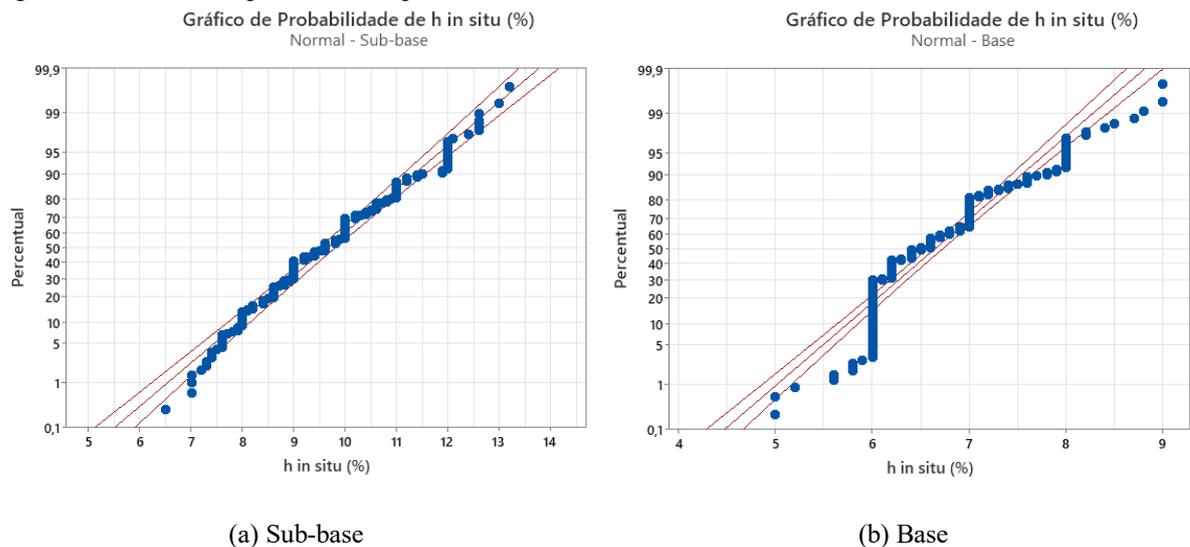
Para uma melhor compreensão das distribuições e seus desvios de normalidade, utilizou-se, também, o Gráfico Q-Q em paralelo aos histogramas para uma melhor análise da distribuição dos dados.

Figura 10 - Gráficos de probabilidade para grau de compactação.



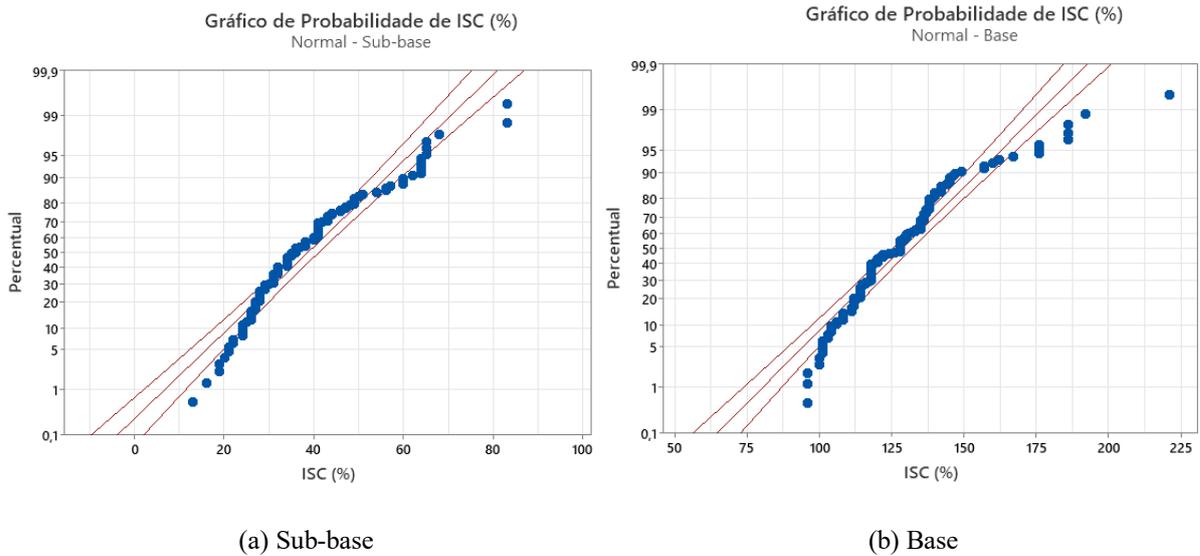
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 11 - Gráficos de probabilidade para teor de umidade *in situ*



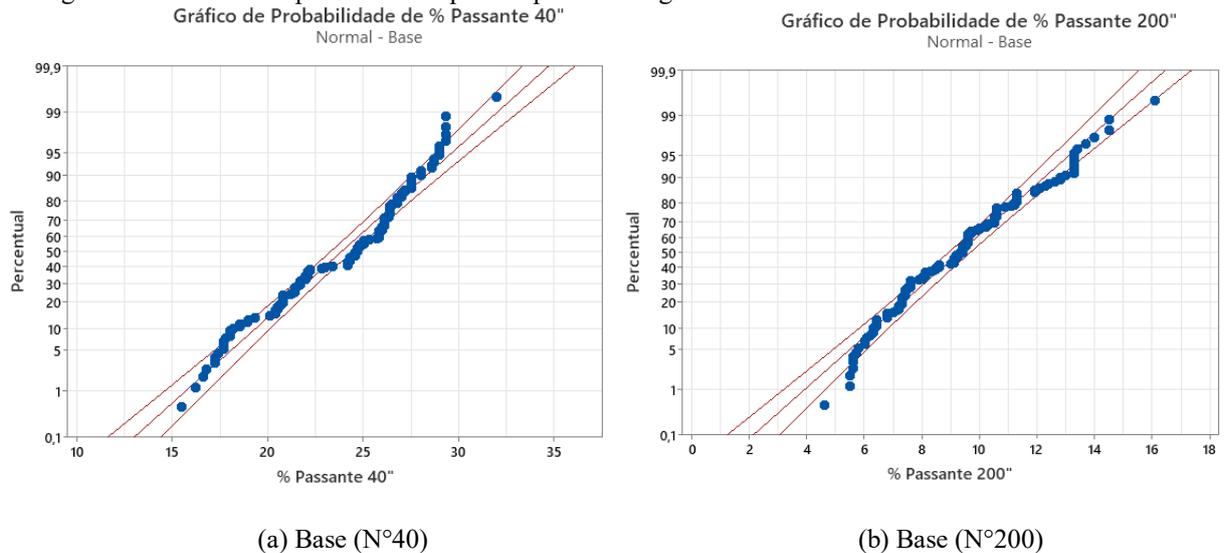
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 12 - Gráficos de probabilidade para Índice de Suporte Califórnia.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 13 - Gráficos de probabilidade para os parâmetros granulométricos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

À luz dos gráficos apresentados nas Figuras 10, 11, 12 e 13 é possível perceber a baixa aderência dos dados à reta de referência, novamente, um forte indício de que os dados não seguem uma distribuição paramétrica, fato já levantado pelos histogramas. Quando observados os gráficos em questão, percebe-se que, em geral, as caudas das distribuições são as principais responsáveis pelos desvios de normalidade dos dados.

Outro ponto relevante é o fato de que, visualmente, o valor limite inferior do grau de compactação das camadas granulares (100%), imposto pelas normas DNIT 139 (2010) e DNIT 141 (2010), parece ser um dos motivos do desvio de normalidade – uma vez que os dados começam a apresentar um comportamento diferente a medida que se aproximam da restrição.

No que diz respeito à literatura, ambos os pontos supracitados são comentados no trabalho de Pino (2014) que afirma que a não normalidade é evidente quando, por exemplo, há restrições sobre os valores das observações, assim como quando a distribuição tem caudas pesadas em relação à distribuição normal.

De modo específico, para o GC, na Figura 10, percebe-se que justamente próximo do limite inferior (100%) é quando os pontos começam a se distanciar mais fortemente da reta de referência – isso é evidenciado, também, nos histogramas de ambas as camadas (Figura 6) por uma quebra repentina do número de dados nessa faixa de valores.

Para o *h in situ*, na camada de sub-base, observa-se que os dados do gráfico Q-Q na Figura 11(a) possuem uma melhor aderência a reta de referência quando comparados a camada de base (Figura 11 (b)) – fato evidenciado pelos respectivos histogramas da Figura 7. Como já mencionado, o histograma da camada de sub-base possui distribuição visual próxima da normal, porém com dois picos centrais, já a camada de base não possui nenhum indício visual que se aproxima da distribuição paramétrica.

No que diz respeito ao ISC, pode-se notar que em ambas as camadas o comportamento é parecido, pelos gráficos Q-Q apresentados na Figura 12(a) e Figura 12(b), percebe-se que as caudas são a principal causa do desvio de normalidade. Além disso, nota-se a presença de valores extremos na parte superior dos gráficos Q-Q que, também, contribuem para a falta de normalidade.

No geral, apesar da distribuição dos dados se assemelhar a distribuição normal, como é visto nos histogramas da Figura 8(a) e Figura 8(b), os gráficos Q-Q não apresentam dados com boa aderência a distribuição normal devido as caudas pesadas e a assimetria considerável.

Já os parâmetros granulométricos, N°40 e N° 200, não possuem qualquer restrição normativa, o que contribui para uma melhor aderência a reta de referência. No entanto, pode-se notar, pelos gráficos Q-Q (Figura 13), diversas quebras de continuidade e desvios nos dados dessas propriedades. Tais desvios são evidenciados pelos histogramas, na Figura 9, que exibem padrões de distribuição pouco compatíveis com o esperado para dados normais.

Afim de apoiar a análise dos gráficos citados acima, utilizou-se os *softwares* Minitab e SPSS em conjunto, de modo a executar os principais testes numéricos usados na literatura para testar a normalidade dos dados. Os resultados destes testes são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resumo dos resultados dos testes de normalidade.

Parâmetros	Base (p-valor)			Sub-base (p-valor)		
	Shapiro-Wilk	Anderson-Darling	Lilliefors	Shapiro-Wilk	Anderson-Darling	Lilliefors
GC	0,004	<0,05	0,088	<0,05	<0,05	<0,05
h <i>in situ</i>	<0,05	<0,05	<0,05	0,04	<0,05	<0,05
ISC	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nº 40	<0,05	<0,05	<0,05	*	*	*
Nº 200	0,027	0,010	0,033	*	*	*

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

De acordo com os resultados, apresentados na tabela supracitada, percebe-se que em apenas um dos testes numéricos (e em apenas um dos parâmetros) encontrou-se um valor de $p > 0,05$ (nível de significância usado) o que significa que a hipótese nula (H_0) é rejeitada e, por consequência, os dados em questão, de ambas as camadas granulares, não apresentam distribuição normal – o que já era esperado dada a análise visual.

A única exceção ocorreu no teste de Lilliefors, para o GC na camada de base, onde foi encontrado um valor de $p = 0,088$ (ou seja, $p > 0,05$) e, dessa forma, não havia evidências para rejeitar a hipótese nula (H_0 : a amostra segue a distribuição normal). Contudo, os testes de Shapiro-Wilk e Anderson-Darling, considerados pela literatura testes mais robustos (AHAD *et al.*, 2011; RAZALI; WAH, 2011), conforme já comentado na seção 2 desse trabalho – não corroboraram com a hipótese de normalidade desse parâmetro.

Estatisticamente, isso significa que os dados de todos os parâmetros não podem ser analisados usando métodos paramétricos que são, em geral, considerados mais tradicionais e com maior poder estatístico. Mais importante que isso, na prática, essa informação contrasta com a hipótese de normalidade tipicamente assumida para os parâmetros construtivos de obras rodoviárias pela norma DNER-PRO 277/97 (DNER, 1997).

4.3 Identificação da distribuição de probabilidade

Confiabilidade, segundo Harr (1987), é a avaliação probabilística da possibilidade do desempenho adequado de um sistema, por um período específico de tempo, em condições operacionais pré-definidas. Diante disso, na engenharia, por exemplo, todo projeto geralmente tem de lidar com certos graus de incerteza (ANG e TANG, 1984).

Na perspectiva rodoviária, conseguir encontrar uma distribuição de probabilidade que preveja, com certa confiança, o padrão de ocorrência dos parâmetros de controle executivo das camadas em estudo (base e sub-base) permite uma noção prévia dos parâmetros de interesse que poderia ser utilizada para fins de elaboração de projeto e ganhos de produtividade executiva.

Dessa forma, nota-se a importância do conhecimento da forma da distribuição de probabilidade de uma variável aleatória, muitas vezes essencial em problemas estatísticos. Segundo Pino (2014), uma vez que a forma da distribuição esteja determinada é possível estimar seus parâmetros, construir intervalos de confiança e testar hipóteses. Diante disso, realizou-se, através do Minitab, uma análise estatística para identificar qual distribuição os dados estudados mais se ajustam.

Foram descritos, em tabelas separadas, tanto a estatística do teste de Anderson-Darling (AD) quanto o valor de p , respectivamente, para as diversas distribuições comparadas. Segundo o suporte Minitab (2021), quanto maior o valor de p , maior a aderência dos dados a distribuição, como segundo critério, a distribuição com menor valor da estatística AD é mais adequada. Os resultados dos testes de qualidade de ajuste para a camada de base, levando em conta algumas das principais distribuições de probabilidade da literatura, foram expressos nas Tabela 4 e Tabela 5, enquanto que para a camada de sub-base, os resultados se encontram nas Tabela 6 e Tabela 7.

Tabela 4 - Teste de qualidade de ajuste para os dados da camada de base.

Distribuições	Camada de Base (p-valor)				
	GC	<i>h in situ</i>	ISC	Nº 40	Nº 200
Normal	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,010
Lognormal	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,077
Lognormal de 3 Parâmetros	*	*	*	*	*
Exponencial	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Exponencial de 2 Parâmetro	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Weibull	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Continua

Conclusão

Distribuições	Camada de Base (p-valor)				
	GC	<i>h in situ</i>	ISC	Nº 40	Nº 200
Weibull de 3 Parâmetros	0,087	<0,005	<0,005	<0,005	0,173
Menor Valor Extremo	GC	<i>h in situ</i>	ISC	Nº 40	Nº 200
Maior Valor Extremo	<0,010	<0,010	0,022	<0,010	0,025
Gama	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,105
Gama de 3 Parâmetros	*	*	*	*	*
Logística	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Loglogística	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,015
Loglogística de 3 Parâmetros	*	*	*	*	*

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela 5 - Teste de qualidade de ajuste para os dados da camada de base.

Distribuições	Camada de Base (AD-valor)				
	GC	<i>h in situ</i>	ISC	Nº 40	Nº 200
Normal	5,607	10,434	3,137	2,231	1,024
Lognormal	5,443	9,031	1,550	3,208	0,674
Lognormal de 3 Parâmetros	1,058	7,387	0,947	2,255	0,646
Exponencial	137,420	113,068	47,635	48,247	37,789
Exponencial de 2 Parâmetro	13,768	51,325	10,269	20,795	15,959
Weibull	12,138	14,205	6,592	1,378	1,355
Weibull de 3 Parâmetros	0,667	8,748	1,392	1,481	0,524
Menor Valor Extremo	12,413	17,229	10,753	1,126	3,648
Maior Valor Extremo	1,724	6,968	0,898	4,310	0,862
Gama	5,513	9,472	1,962	2,862	0,626
Gama de 3 Parâmetros	0,721	7,690	1,032	2,480	0,626
Logística	4,764	9,353	1,608	2,344	1,012
Loglogística	4,656	8,625	1,059	3,002	0,854
Loglogística de 3 Parâmetros	1,489	7,537	0,890	2,346	0,837

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela 6 - Teste de qualidade de ajuste para os dados da camada de sub-base.

Distribuições	Camada de Sub-base (p-valor)		
	GC	<i>h in situ</i>	ISC
Normal	<0,005	<0,005	<0,005
Lognormal	<0,005	0,014	0,237
Lognormal de 3 Parâmetros	*	*	*
Exponencial	<0,003	<0,003	<0,003
Exponencial de 2 Parâmetro	<0,010	<0,010	<0,010
Weibull	<0,010	<0,010	<0,010
Weibull de 3 Parâmetros	0,070	0,009	0,008
Menor Valor Extremo	<0,010	<0,010	<0,010
Maior Valor Extremo	<0,010	<0,010	>0,250
Gama	<0,005	0,009	0,023
Gama de 3 Parâmetros	*	*	*
Logística	<0,005	<0,005	<0,005
Loglogística	<0,005	<0,005	0,157
Loglogística de 3 Parâmetros	*	*	*

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela 7 - Teste de qualidade de ajuste para os dados da camada de sub-base.

Distribuições	Camada de Sub-base (AD-valor)		
	GC	<i>h in situ</i>	ISC
Normal	4,771	1,504	2,589
Lognormal	4,645	0,977	0,474
Lognormal de 3 Parâmetros	0,874	0,991	0,461
Exponencial	120,795	89,897	25,080
Exponencial de 2 Parâmetro	11,197	38,303	13,153
Weibull	11,983	3,425	2,311
Weibull de 3 Parâmetros	0,708	0,979	1,074
Menor Valor Extremo	12,214	5,858	6,427
Maior Valor Extremo	1,169	1,657	0,460
Gama	4,694	1,061	0,896
Gama de 3 Parâmetros	0,848	0,969	0,590
Logística	3,678	1,598	1,874
Loglogística	3,601	1,266	0,510
Loglogística de 3 Parâmetros	1,202	1,256	0,415

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Diante dos resultados, nota-se que não houve uma distribuição específica que garantisse alta aderência a todos os parâmetros, em ambas as camadas. Em algumas distribuições não é possível calcular o valor de p pois este é estatisticamente indefinido, nesses casos olha-se apenas para o valor de AD. Diante do exposto, o Quadro 5 resume as distribuições que melhor aderiram aos dados de cada propriedade.

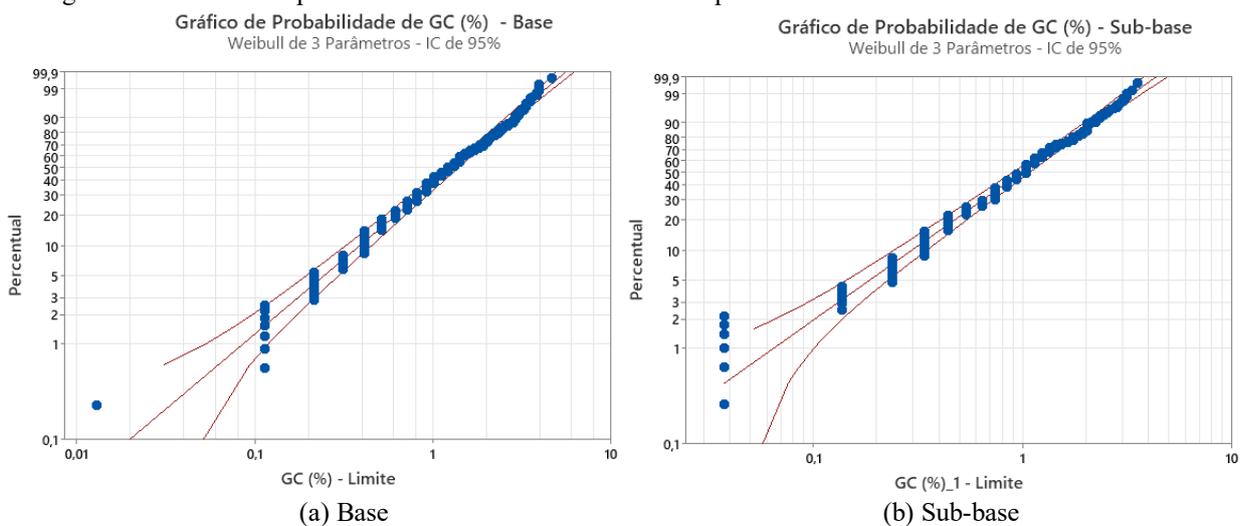
Quadro 5 - Resumo dos resultados das distribuições com melhor aderência aos parâmetros.

Parâmetro	Base	Ajuste (Base)	Sub-base	Ajuste (Sub-base)
GC	Weibull de 3 Parâmetros	Alta aderência	Weibull de 3 Parâmetros	Alta aderência
<i>h in situ</i>	Maior Valor Extremo	Baixa aderência	Lognormal	Baixa aderência
ISC	Maior Valor Extremo	Baixa aderência	Maior Valor Extremo	Alta aderência
Nº 40	Menor Valor Extremo	Baixa aderência	*	*
Nº 200	Weibull de 3 Parâmetros	Boa aderência	*	*

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

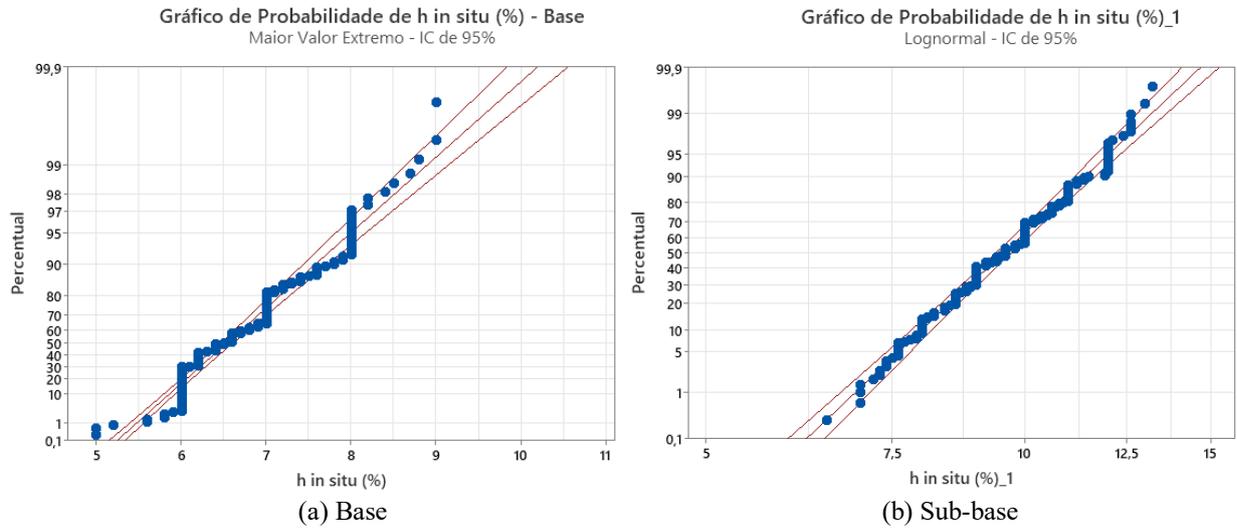
Em última análise, usou-se os gráficos Q-Q com o intuito de verificar, visualmente, os resultados numéricos dos testes de identificação individual de distribuição. As Figuras 14, 15, 16 e 17 representam tais resultados.

Figura 14 - Gráficos de probabilidade com a melhor aderência para GC.



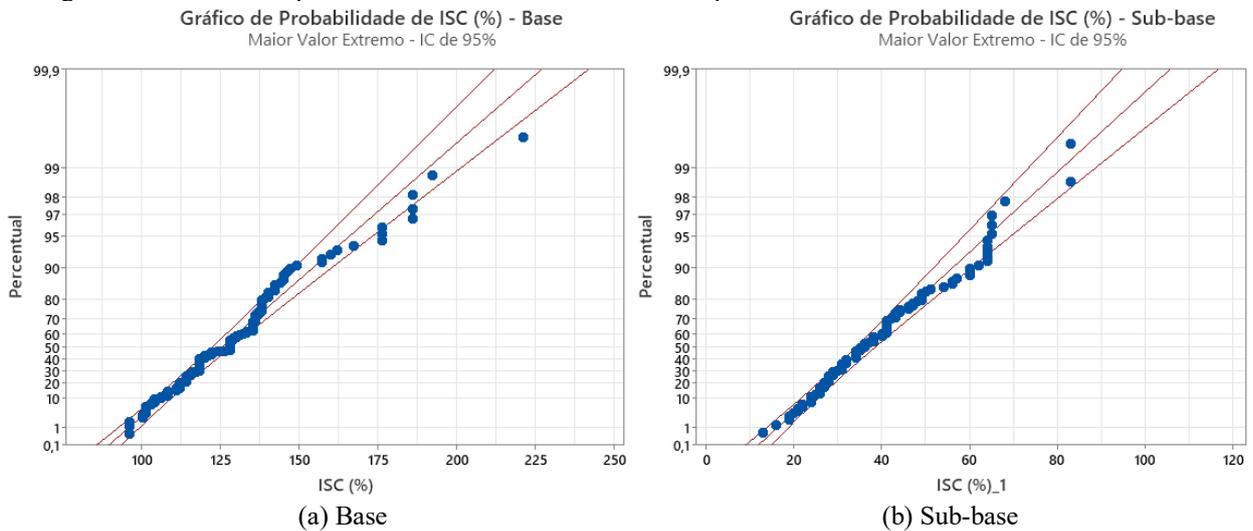
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 15 - Gráficos de probabilidade com a melhor aderência para *h in situ*.



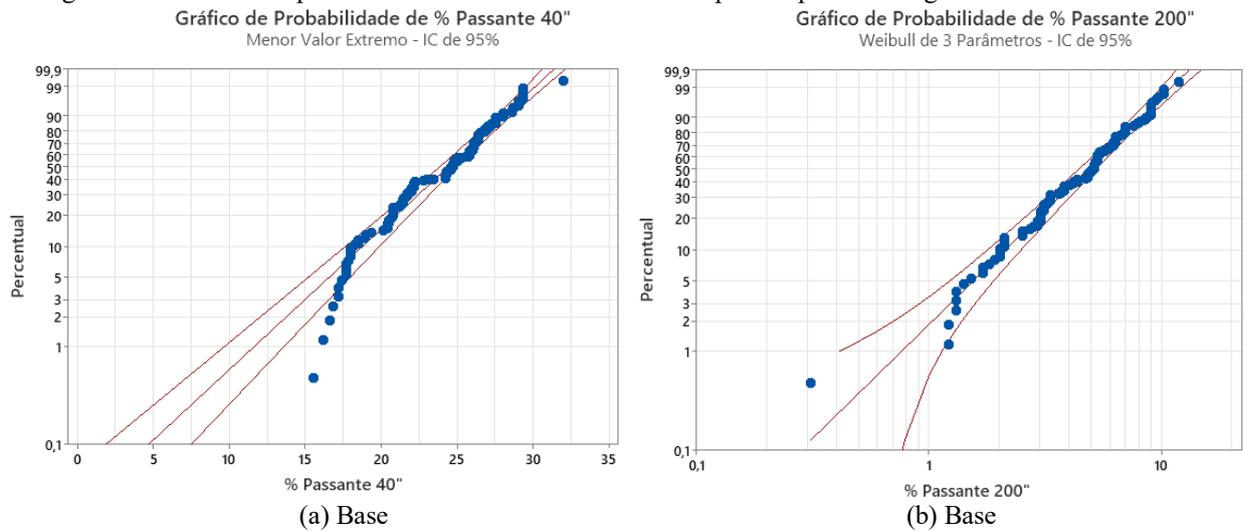
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 16 - Gráficos de probabilidade com a melhor aderência para ISC.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 17 - Gráficos de probabilidade com a melhor aderência para os parâmetros granulométricos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Em resumo, se uma distribuição tiver um bom ajuste para os dados, os pontos no gráfico seguem uma linha reta, dentro dos limites de confiança e o valor de p é maior do que o nível α estabelecido ($p > 0,05$). Desse modo, percebe-se que, em alguns casos, foi possível encontrar distribuições em que os dados se ajustaram de modo mais satisfatório do que, por exemplo, com a distribuição normal. Pode-se citar, por exemplo, o caso do grau de compactação (Figura 14), tanto na camada de base como em sub-base.

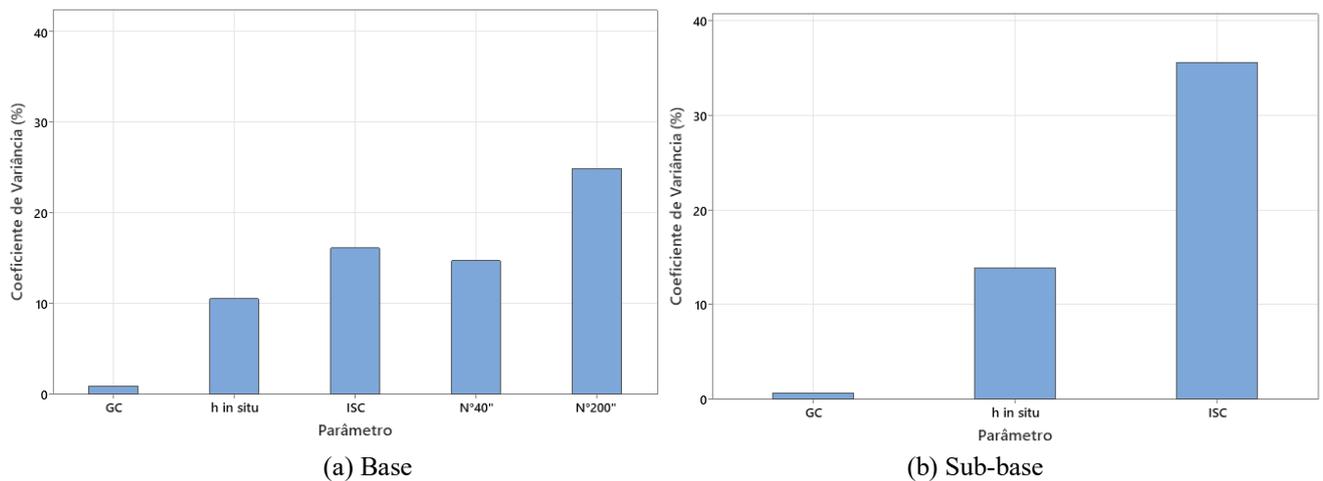
Por outro lado, vale destacar, alguns conjuntos de dados como *h in situ* na camada de base e a porcentagem passante na peneira N°40, que não se pôde encontrar uma distribuição com uma aderência considerável, fato confirmado pelo o valor de p menor que o limite definido do intervalo de confiança ($p < 0,05$).

4.4 Análise da variabilidade geral

Segundo Deming (1982) e Juran (1999), a qualidade de um produto é inversamente proporcional à sua variabilidade. Aliado a isso, sabe-se que o conceito de qualidade está intimamente atrelado a um processo contínuo, homogêneo e, até certo ponto, previsível. Diante disso, pode-se evidenciar a importância do controle da variabilidade nas camadas granulares, uma vez que o alto grau de variação dentro das suas propriedades reflete em incertezas na resposta estrutural do pavimento.

Para realizar a análise, portanto, uma medida de dispersão indicada é o coeficiente de variação (CV), que se classifica como uma medida de dispersão relativa que mede, em porcentagem, o nível de variabilidade dos dados. A Figura 18 revela os coeficientes de variação para os parâmetros estudados, em ambas as camadas granulares.

Figura 18 - Coeficiente de variância para todos os parâmetros de base.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Inicialmente, nota-se que o parâmetro com o maior CV é o Índice de Suporte Califórnia, com um valor de 35,63% na camada de sub-base. Para a camada de base, a propriedade com maior dispersão foi a percentagem passante na peneira de N°40, com um valor de CV em torno de 24,96%. No que diz respeito às duas camadas, pode-se afirmar que o parâmetro mais variável foi o ISC – com destaque para a camada de sub-base que apresentou um CV duas vezes maior que o encontrado na base.

No geral, observa-se que os parâmetros de maior interesse possuem praticamente os mesmos graus de variabilidade, em ambas as camadas. Entretanto, pode-se dizer que essa análise é inicial e vai contra o esperado quando se leva em conta o processo construtivo das camadas granulares.

Desse modo, espera-se que haja uma melhora no controle da variabilidade na camada de base quando comparada com a sub-base, por dois principais motivos: (i) a camada de base requer naturalmente um melhor controle executivo, pois ela possui materiais mais nobres e com funções estruturais mais importantes; e (ii) a possível curva de aprendizado obtida durante a execução de uma camada pra outra, já que a camada de sub-base é executada primeiro, e ambas possuem o mesmo procedimento executivo.

Destaca-se, também, os parâmetros GC e *h in situ* como os de menores dispersão em geral, com destaque para o GC que, em relação aos demais, possui uma variabilidade quase irrelevante. Na prática, esse fato é o esperado devido essas propriedades definirem, em suma, o desempenho mecânico do pavimento e, por esse motivo, receberem um controle mais rigoroso.

4.5 Análise da variabilidade ao longo da obra

4.5.1 Análise qualitativa dos dados

Inicialmente, procurou-se plotar gráficos de dispersão desses parâmetros construtivos ao longo das etapas da obra, afim de entender como esses se distribuiriam ao longo do tempo. Tais gráficos apresentam a média e mediana em cada etapa temporal analisada, além dos limites normativos para cada parâmetro, representado pelo Limite Inferior Especificado (LIE).

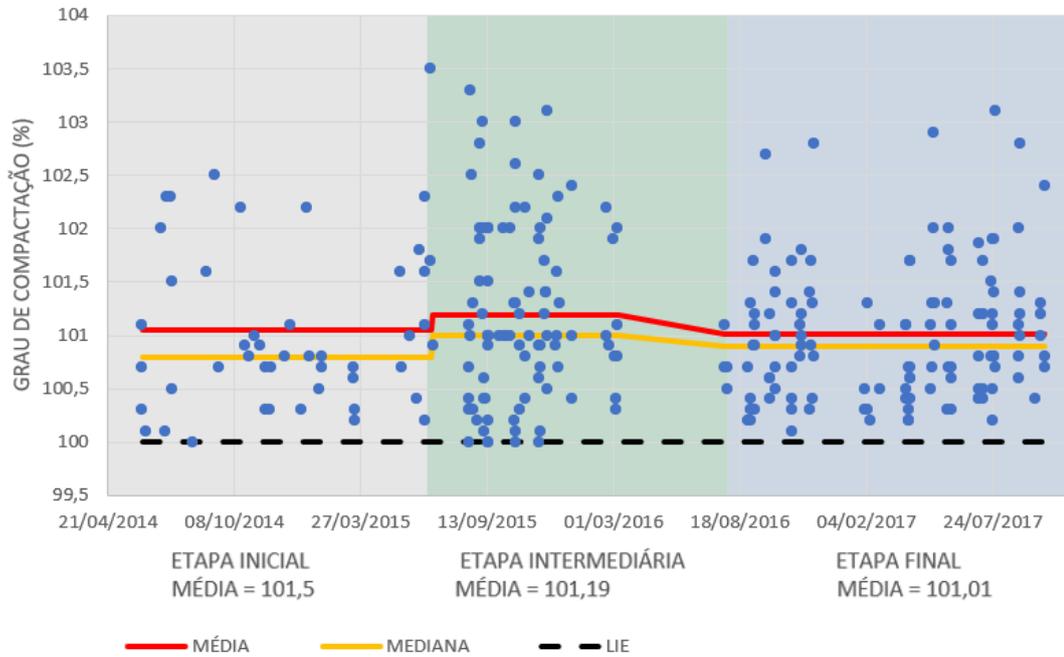
Ao analisar as Figuras 19 e 20 a seguir, percebe-se, claramente, que o processo executivo do GC é marcado por descontinuidades entre as fases analisadas, evidenciado pelos dados praticamente desconexos entre si. Além dessa variabilidade dos dados, nota-se, também, um processo executivo pouco padronizado demonstrado pela frequência de ensaios inferior no primeiro ano do empreendimento. Entretanto, no geral, as retas de média e mediana estão se sobrepondo (ou muito próximas) na maior parte do gráfico, o que fornece um indício de um processo menos variável, mais contínuo e com pouca presença de *outliers*.

Pelo *Bloxplot* da Figura 21(a), correspondente à base, pode-se observar que o segundo ano é o que apresenta, visualmente, maior dispersão dos dados e, portanto, maior variabilidade no que concerne o GC na camada de base, enquanto que o terceiro ano é o menos disperso. Entretanto, pela Figura 19, essa dispersão não parece muito significativa e parece ser causada por alguns pontos com valores de compactação elevados. A variabilidade menor no terceiro ano pode ser explicada pela curva de aprendizado obtida dos dois anos anteriores, além disso a presença de *outliers* também pode ter influencia na menor dispersão já que eles não são considerados no *Boxplot*.

Já na sub-base, pela Figura 20, pode-se afirmar que, nessa camada, também, a 2ª fase da obra continua sendo a mais dispersa, enquanto que a 3ª parece ter uma variabilidade menor, em relação às demais. Entretanto, pode-se notar, no geral, dados mais dispersos em torno da linha de média e menos uniformes observados na camada de sub-base em relação a base,

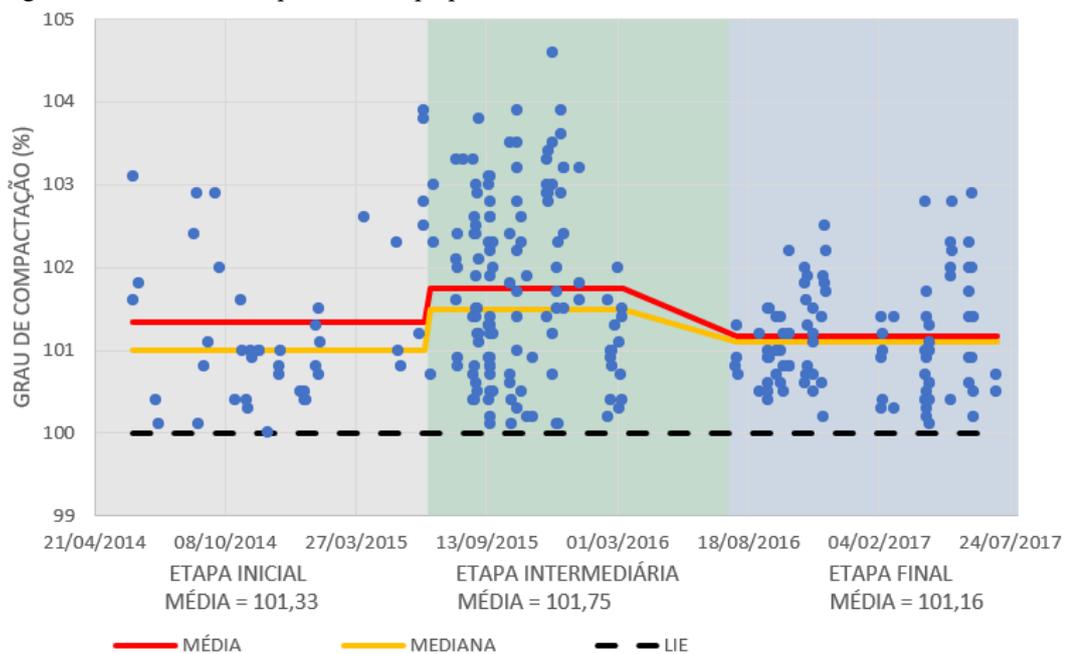
quando comparados os seus respectivos gráficos de dispersão, o que já é esperado devido ao maior rigor necessário na camada de base.

Figura 19 - Gráfico de dispersão x tempo para GC na camada de base.



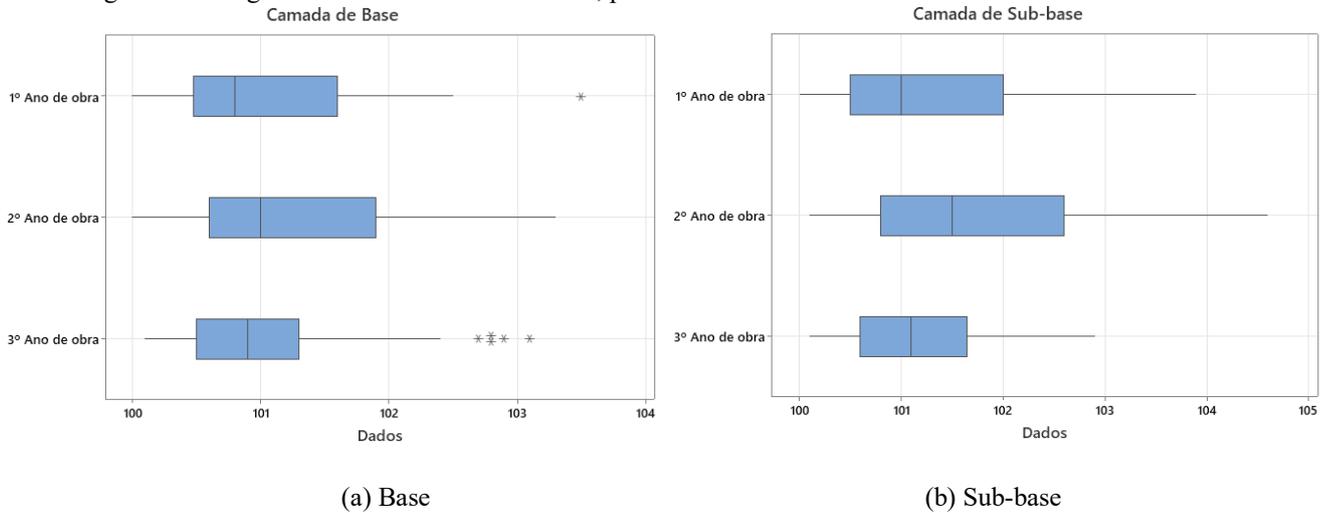
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 20 - Gráfico de dispersão x tempo para GC na camada de sub-base.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 21 - Diagramas Box de GC nos três anos, para ambas as camadas.



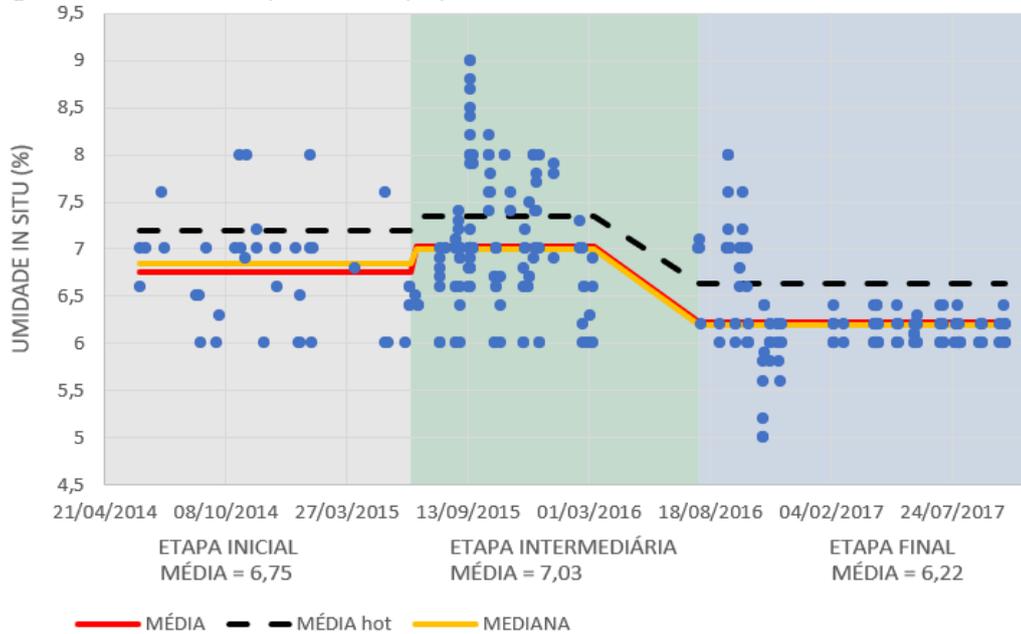
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para a umidade *in situ*, atenta-se a padrões de dispersão significativamente diferentes entre os três períodos analisados, nas duas camadas, principalmente no terceiro ano – fato evidenciado pela não sobreposição dos *Boxplots*, tanto na Figura 24(a) quanto na Figura 24(b). A média e mediana tem valores muito próximos ao longo de toda a obra apesar dessas medidas variarem drasticamente de um intervalo para outro. O baixo número de observações na fase inicial da obra, também, é encontrado nesse parâmetro.

Ao observar a camada de base, na Figura 22, também é possível perceber que os padrões de dispersões mudam ao longo do tempo de obra, no início há uma certa variabilidade mas, ainda assim, com muitos pontos próximos as medidas de tendência centrais. Já na 2º e 3º fase da obra, pode-se observar intervalos específicos com uma variabilidade muito alta. Tais intervalos ocorrem, aproximadamente, nos meses de setembro e outubro dos anos de 2015 e 2016 e, a princípio, não pode-se afirmar nada sobre a causa. Esses intervalos de dispersão dos dados, em específico no terceiro ano, foram considerados como pontos de *outliers*, como revela a Figura 24(a). Pode-se afirmar, diante disso, que o processo executivo ou a documentação dos dados nesses trechos foram, no mínimo, atípicos.

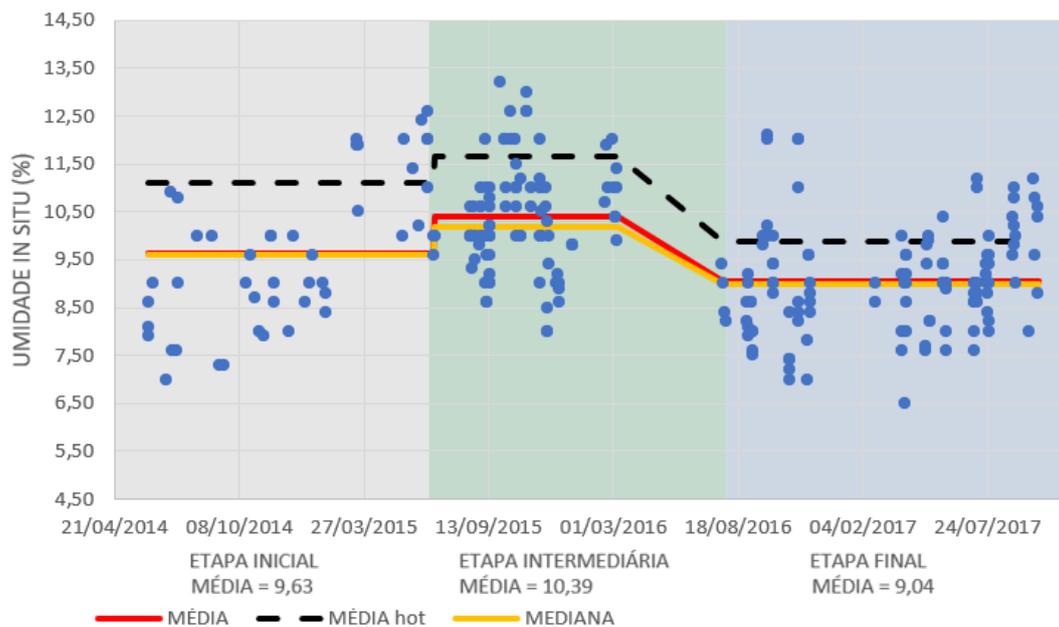
Já na camada de sub-base, na Figura 23, pode-se observar as mesmas características de média e mediana da camada de base. A maior variabilidade, nessa camada, parece estar na 1ª etapa da obra, enquanto que os dois últimos anos parecem possuir dispersões menores e mais semelhantes entre si. Pode-se observar que o *Boxplot*, apresentado na Figura 24(b), reforça tais afirmações e destaca a existência de *outliers* nos dois últimos anos.

Figura 22 - Gráfico de dispersão x tempo para h *in situ* na camada de base.



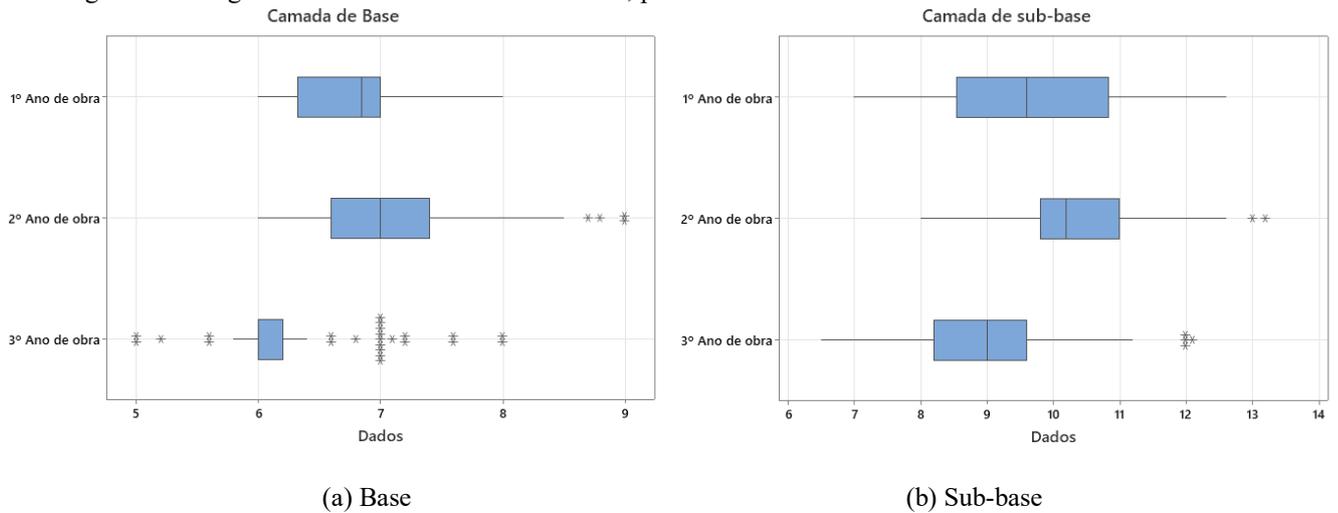
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 23 - Gráfico de dispersão x tempo para h *in situ* na camada de sub-base.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 24 - Diagramas Box de h *in situ* nos três anos, para ambas as camadas.

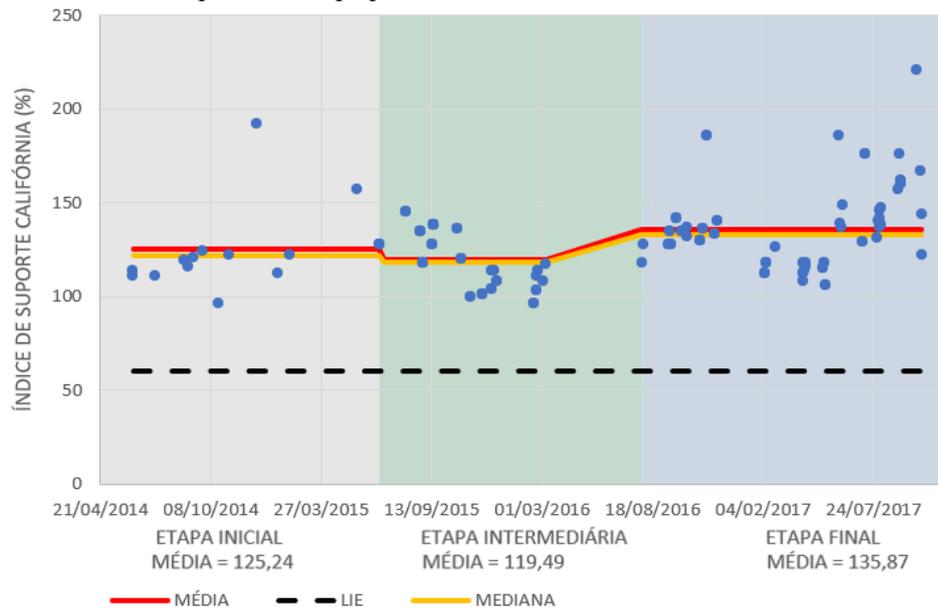


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

No que diz respeito às Figuras 25 e 26, correspondentes ao parâmetro ISC, nota-se que, em geral, a camada de base desse parâmetro parece apresentar dados menos variável, durante as três fases da obra, quando comparado com a sub-base. Pela Figura 27, o primeiro e terceiro ano, em ambas as camadas, são os que possuem menor variabilidade porém são os únicos que possuem *outliers*. Além disso, o segundo ano, na camada de base, possui dispersão comparável aos demais anos, porém na sub-base essa variabilidade se torna mais significativa.

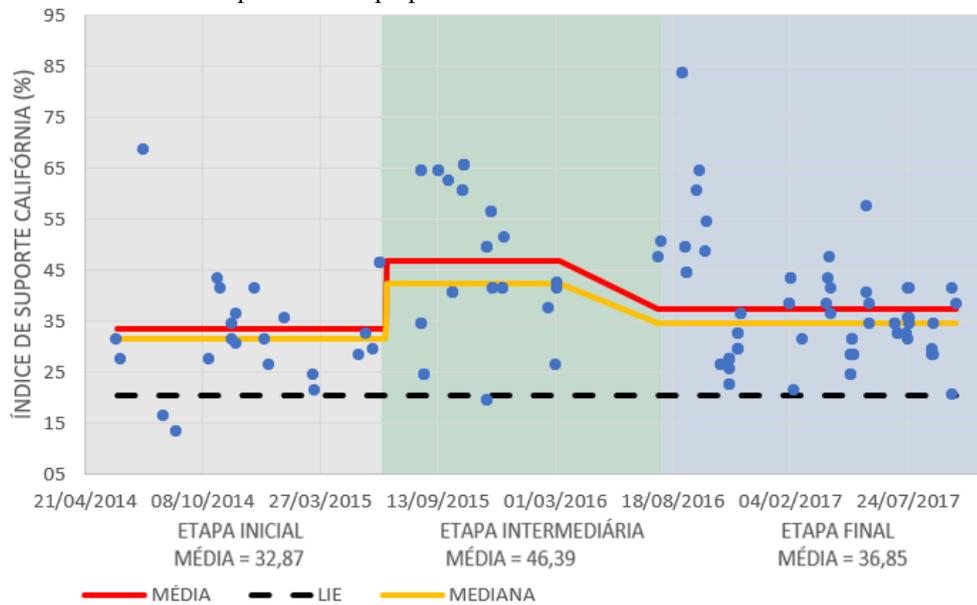
O fato da sub-base, em praticamente todos os parâmetros, possuir maior variabilidade em comparação com a base é um fato esperado dado que os processos de execução de ambas as camadas são muito semelhantes e, por sua vez, a sub-base é executada primeiro, desse modo pode-se supor um processo mais controlado, previsível e, portanto, menos variável dado a curva de aprendizado.

Figura 25 - Gráfico de dispersão x tempo para ISC na camada de base.



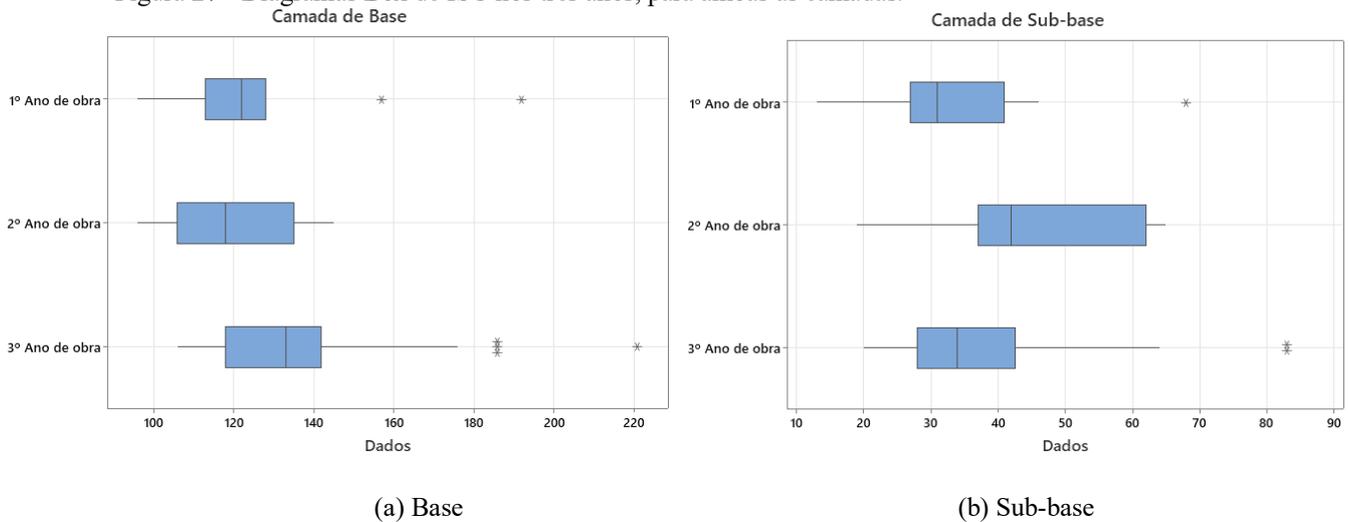
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 26 - Gráfico de dispersão x tempo para ISC na camada de sub-base.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

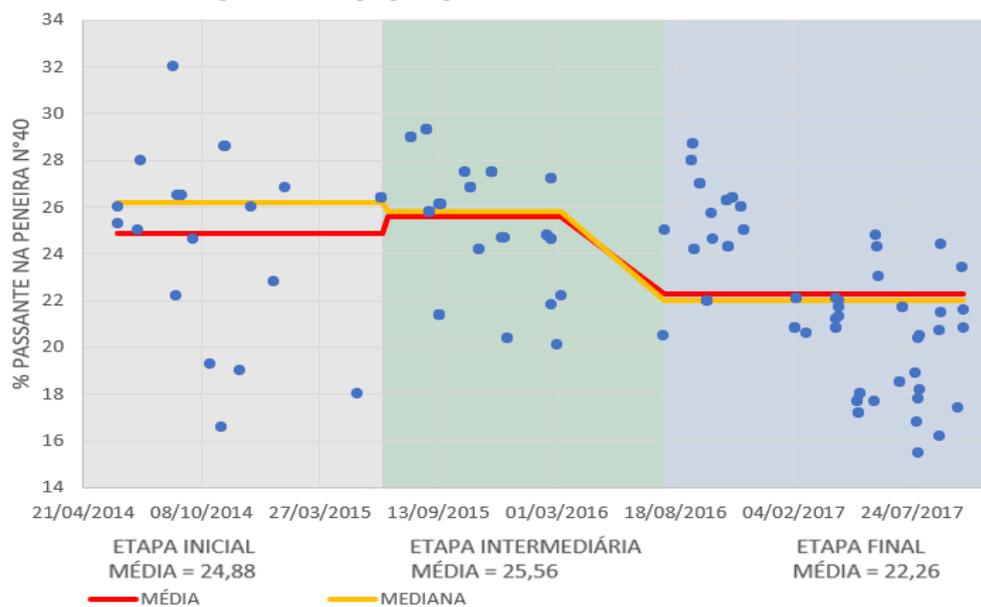
Figura 27 - Diagramas Box de ISC nos três anos, para ambas as camadas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

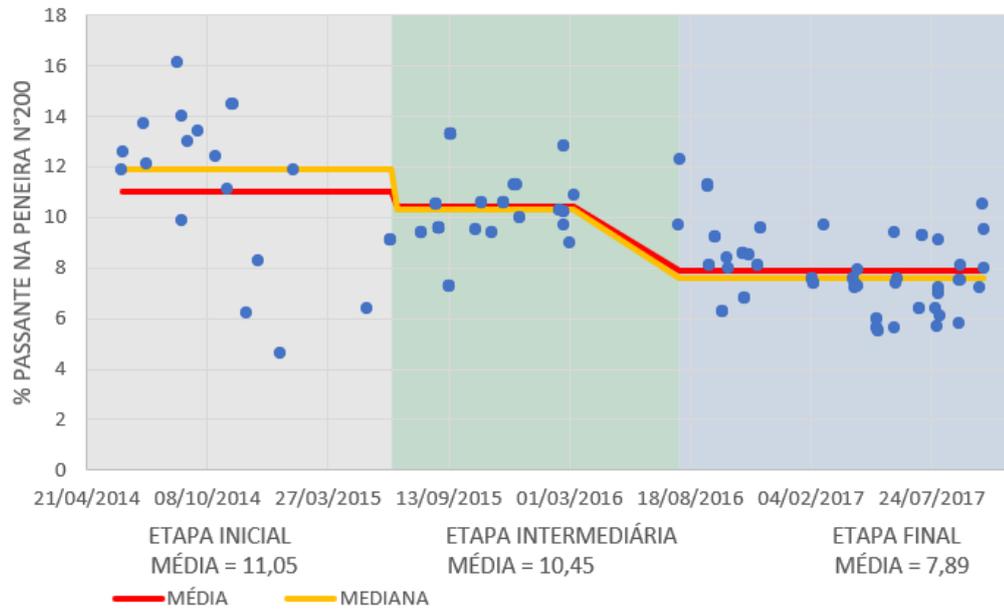
Ao observar as Figuras 28 e 29, correspondentes ao percentual passante nas peneiras de N° 40 e N° 200 da camada de base, percebe-se que a variabilidade desses parâmetros foi maior no primeiro ano de obra, em especial para a peneira de N° 200. Ainda sobre essa, vale destacar a diminuição significativa da dispersão dos dados nos dois anos seguintes, que pode ser atrelada a repetição do processo executivo. Entretanto, na peneira de N° 40, isso parece não acontecer, no período final da obra a dispersão dos dados volta a subir, conforme apresentado nos *Boxplots* da Figura 30.

Figura 28 - Gráfico de dispersão x tempo para peneira N° 40 na camada de base.



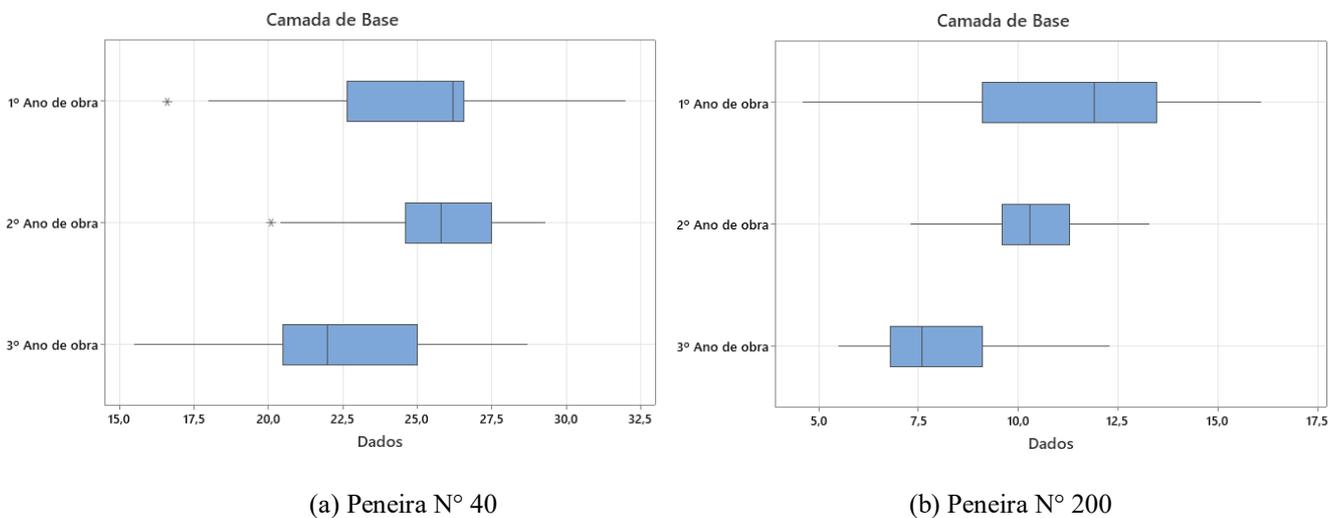
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 29 - Gráfico de dispersão x tempo para peneira N° 200 na camada de base.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 30 - Diagramas Box dos parâmetros granulométricos nos três anos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Por fim, de modo geral, pode-se observar em todos os gráficos apresentados, a clara diferença entre as dispersões nas três fases analisadas – início, meio e fim da obra. Essa diferença pode ser evidenciada pela disposição dos dados em cada uma das fases, pelos valores de média e mediana das propriedades, assim como pelo tamanho de cada *Box* (indicando variabilidade de cada grupo) e a sobreposição entre os mesmos (que dá indícios da diferença

nas distribuições dos dados), conforme indicado por Al-Qadi *et al.* (2020) em análises semelhantes.

Outro ponto de destaque é o período de março de 2016 até agosto desse mesmo ano, durante esse intervalo não foi documentada a medição de nenhum parâmetro executivo, em ambas as camadas. Vale destacar, ao observar o gráfico nesse período, a evidente mudança nos padrões de dispersões, do meio pro fim da obra, causada por essa quebra de continuidade.

O motivo dessa paralização não pode ser confirmado, porém pode-se citar algumas causas possíveis: período chuvoso na região – inviabilizando o processo executivo, falta de mão de obra, equipamento ou algum outro material essencial, interrupção do recurso financeiro do contratante, e, até mesmo, falta ou falha na documentação dos dados – apesar desse último não explicar a diferença de variabilidade entre os períodos. Segundo Nogueira (2011), a principal vantagem de realizar a amostragem, para o controle de qualidade com base no tempo é, justamente, a possibilidade de realizar avaliações em períodos isolados de tempo, onde podem ocorrer modificações no processo de produção.

4.5.2 Análise quantitativa

Na análise qualitativa acima, procurou-se reforçar os principais pontos com relação ao comportamento e dispersão dos dados, levando em conta as três etapas da obra. Entretanto, faz-se importante medir numericamente essa variabilidade através dos testes de Levene e o de Comparações Múltiplas (sendo esse último mais robusto) em paralelo com o intervalo de confiança (IC) de Bonferroni para identificar os desvios padrões de cada parâmetro.

A aplicação desses métodos faz-se necessária já que os mesmos não levam em conta a suposição de normalidade dos parâmetros construtivos, tipicamente assumida pelas normas e, como já exposto, não encontrada no caso em questão. Pode-se observar, para cada divisão temporal, o tamanho amostral analisado (N), o desvio padrão e o intervalo de confiança para esse desvio padrão calculado através do método de Bonferroni (IC), como já mencionado. A seguir são apresentados os resultados desses testes em paralelo com uma breve discussão acerca dos mesmos.

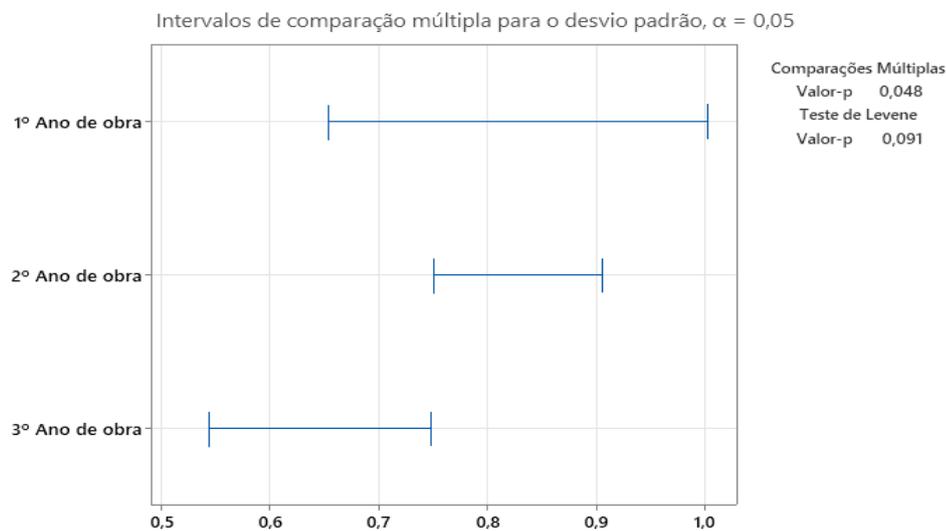
Tabela 8 - Desvio padrão para GC com base no IC de Bonferroni, camada de base.

Amostra	N	Desvio Padrão	IC
1º Ano de obra	46	0,79	(0,59; 1,11)
2º Ano de obra	95	0,81	(0,70; 0,97)
3º Ano de obra	126	0,63	(0,52; 0,78)

Nível de confiança individual = 98,3 %

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 31 - IC de comparação múltipla para desvio padrão, GC camada de base.



Se os intervalos não se sobrepuserem, os desvios padrão correspondentes serão significativamente diferentes.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

No geral, segundo a Tabela 8, o GC na camada de base apresenta o 2º ano de obra como o mais disperso, porém ao analisar o gráfico de resumo na Figura 31, percebe-se que o teste de Levene apresenta valor de $p > 0,05$ enquanto que o de Comparações Múltiplas apresenta um valor de 0,048 para essa estatística, ou seja, pode-se considerar que não há ou há pouca diferença significativa entre desvios padrão dessa propriedade ao longo do processo construtivo, evidenciando o controle mais rigoroso da execução desse parâmetro. Ainda, pelo gráfico, pode-se afirmar que essa suposta diferença (mínima) ocorre entre os desvio padrão do 2º pro 3º ano, já que os intervalos não se sobrepõem.

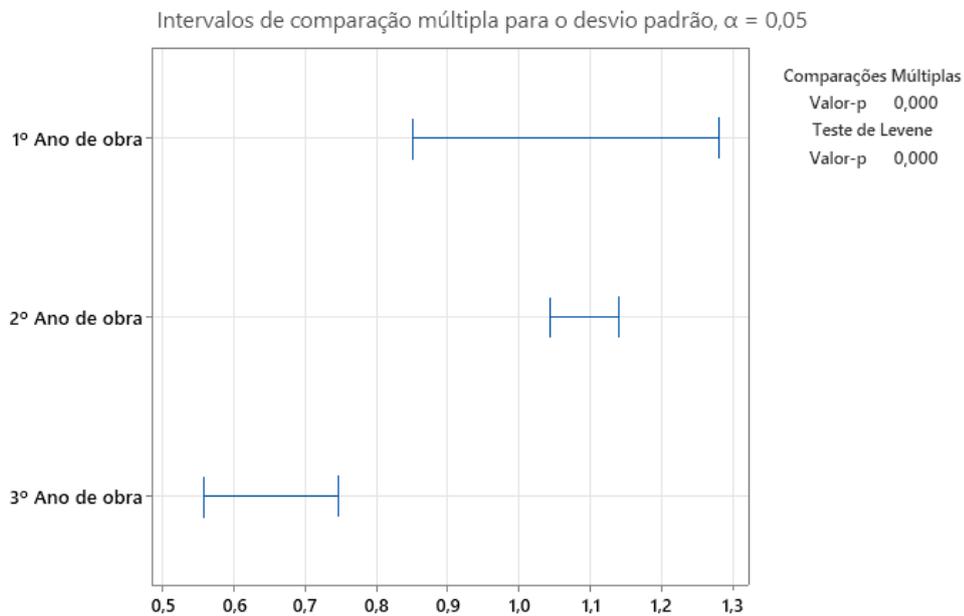
Tabela 9 - Desvio padrão para GC com base no IC de Bonferroni, camada de sub-base.

Amostra	N	Desvio Padrão	IC
1º Ano de obra	43	1,01	(0,77; 1,41)
2º Ano de obra	129	1,08	(0,97; 1,22)
3º Ano de obra	133	0,64	(0,56; 0,74)

Nível de confiança individual = 98,3%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 32 - IC de comparação múltipla para desvio padrão, GC camada de sub-base.



Se os intervalos não se sobrepuserem, os desvios padrão correspondentes serão significativamente diferentes.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para o GC na camada de sub-base, a diminuição da variabilidade no fim da obra é nítida, enquanto que nos dois primeiros anos segue estável, pela Tabela 9. Os resultados dos teste de igualdade de variância indicaram que essa diferença é significativa em relação aos dois primeiros anos da obra, fato constatado quando analisa-se a sobreposição dos intervalos do gráfico da Figura 32. No geral, o GC apresentou significativa redução de variabilidade no fim da obra, em ambas as camadas.

Tabela 10 - Desvio padrão para *h in situ* com base no IC de Bonferroni, camada de base.

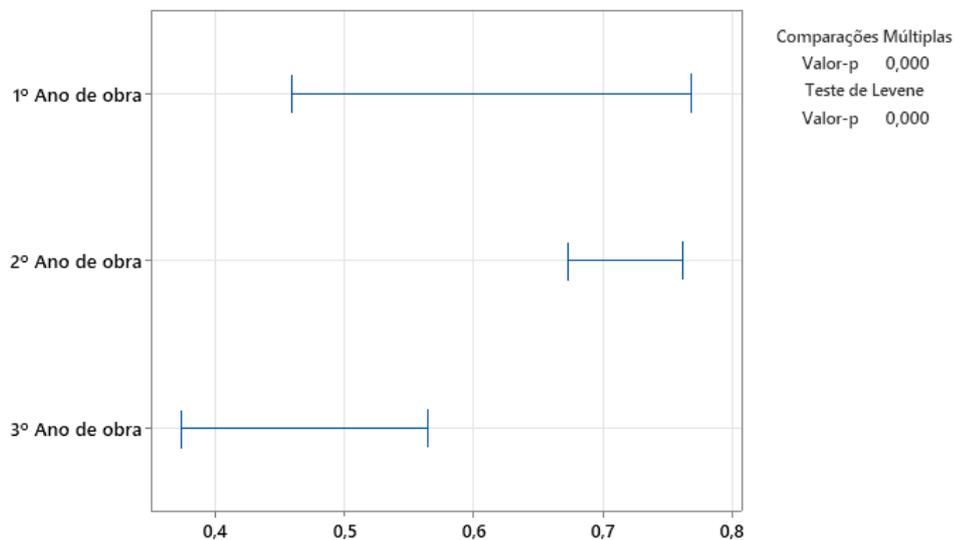
Amostra	N	Desvio Padrão	IC
1º Ano de obra	40	0,58	(0,45; 0,79)
2º Ano de obra	129	0,71	(0,61; 0,84)
3º Ano de obra	133	0,46	(0,35; 0,60)

Nível de confiança individual = 98,3%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 33 - IC de comparação múltipla para desvio padrão, *h in situ* camada de base.

Intervalos de comparação múltipla para o desvio padrão, $\alpha = 0,05$



Se os intervalos não se sobrepuserem, os desvios padrão correspondentes serão significativamente diferentes.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

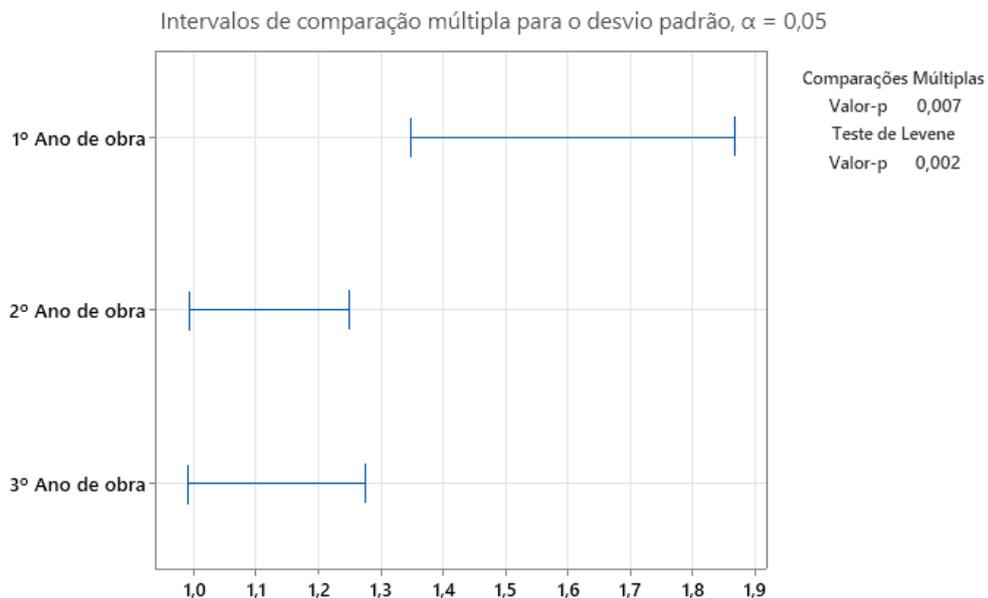
Para o *h in situ* na camada de base, na Tabela 10, percebe-se que a maior variabilidade ocorre na etapa intermediária da obra. Entretanto, ao analisar a Figura 33, pode-se afirmar que entre o 1º e o 3º ano da obra, a variabilidade pode ser considerada igual, fato esse que não ocorre do 2º para o 3º ano do empreendimento, ou seja, a única coisa que pode-se afirmar, estatisticamente, é que há uma significativa redução na variabilidade do meio para o fim da obra.

Tabela 11 - Desvio padrão para h *in situ* com base no IC de Bonferroni, camada de sub-base.

Amostra	N	Desvio Padrão	IC
1º Ano de obra	46	1,55	(1,30; 1,94)
2º Ano de obra	95	1,10	(0,94; 1,33)
3º Ano de obra	121	1,11	(0,94; 1,34)

Nível de confiança individual = 98,3%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 34 - IC de comparação múltipla para desvio padrão, h *in situ* camada de sub-base.

Se os intervalos não se sobrepuserem, os desvios padrão correspondentes serão significativamente diferentes.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

No que diz respeito a h *in situ* na camada de sub-base, segundo a Tabela 11, destaca-se que a maior varância dos dados ocorreu no início da obra, logo após, a variabilidade do processo executivo nos dois anos seguintes se estabilizou. Pelo gráfico resumo, na Figura 34, conclui-se que essa variabilidade muito maior no primeiro ano em relação aos dois últimos é significativa, quando analisa-se a sobreposição dos intervalos.

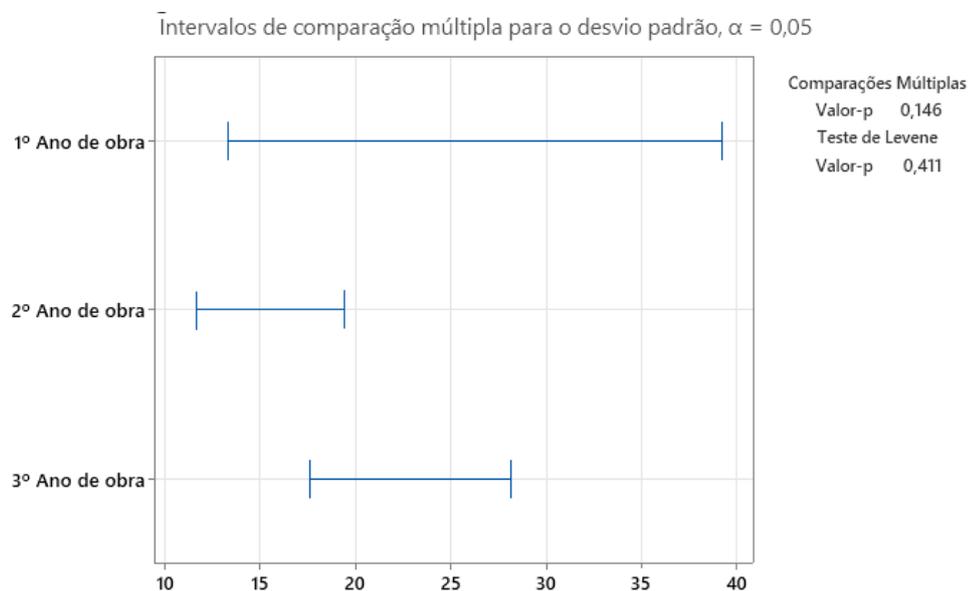
Tabela 12 - Desvio padrão para ISC com base no IC de Bonferroni, camada de base.

Amostra	N	Desvio Padrão	IC
1º Ano de obra	17	21,25	(8,51; 61,77)
2º Ano de obra	53	14,70	(12,83; 17,65)
3º Ano de obra	71	21,89	(15,94; 31,12)

Nível de confiança individual = 98,3%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 35 - IC de comparação múltipla para desvio padrão, ISC camada de base.



Se os intervalos não se sobrepuserem, os desvios padrão correspondentes serão significativamente diferentes.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

De início, já nota-se o aumento significativo da variabilidade geral do parâmetro ISC quando comparado com o GC e o h *in situ*, fato já destacado nesse trabalho. Além disso, pela Tabela 12, observa-se que o menor desvio padrão, nessa camada, ocorre no 2º ano, dado os intervalos de confiança de Bonferroni. Entretanto, os testes de igualdade de variância, da Figura 35, negam a hipótese de que há diferença significativa entre os desvio padrões, já que os valores de p encontrados são maiores que 0,05.

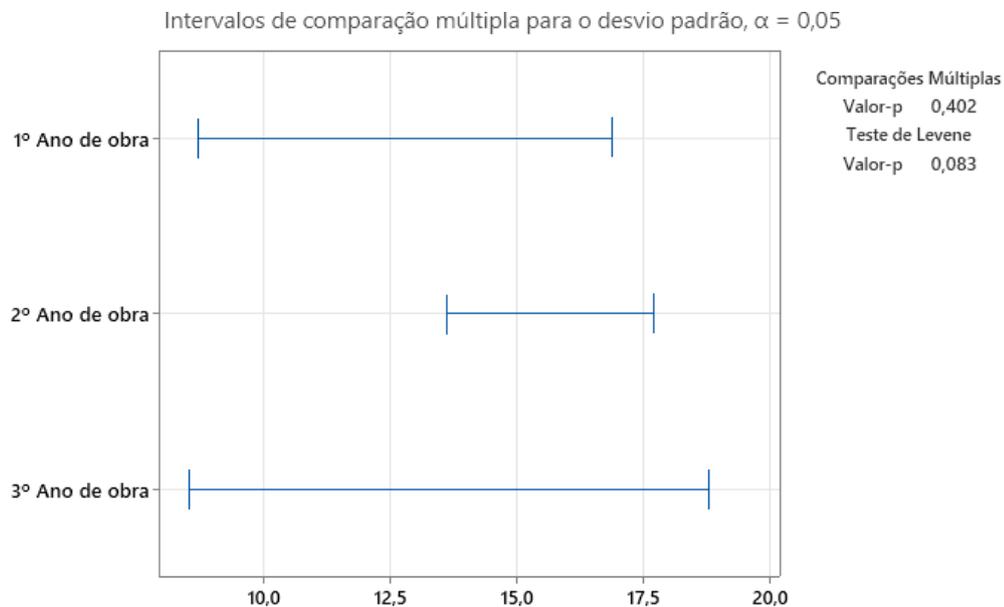
Tabela 13 - Desvio padrão para ISC com base no IC de Bonferroni, camada de sub-base.

Amostra	N	Desvio Padrão	IC
1º Ano de obra	23	11,49	(6,62; 22,23)
2º Ano de obra	31	14,91	(12,12; 19,89)
3º Ano de obra	68	12,45	(8,58; 18,72)

Nível de confiança individual = 98,3%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 36 - IC de comparação múltipla para desvio padrão, ISC camada de sub-base.



Se os intervalos não se sobrepuserem, os desvios padrão correspondentes serão significativamente diferentes.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para o ISC na camada de sub-base, percebe-se, tanto pela Tabela 13 como pelo gráfico resumo apresentado na Figura 36, que preserva-se as mesmas características comentadas na camada de base: alta dispersão e variabilidade do processo executivo em todas as etapas da obra, e sem diferença significativa entre as variâncias, ou seja, as variâncias são homogêneas.

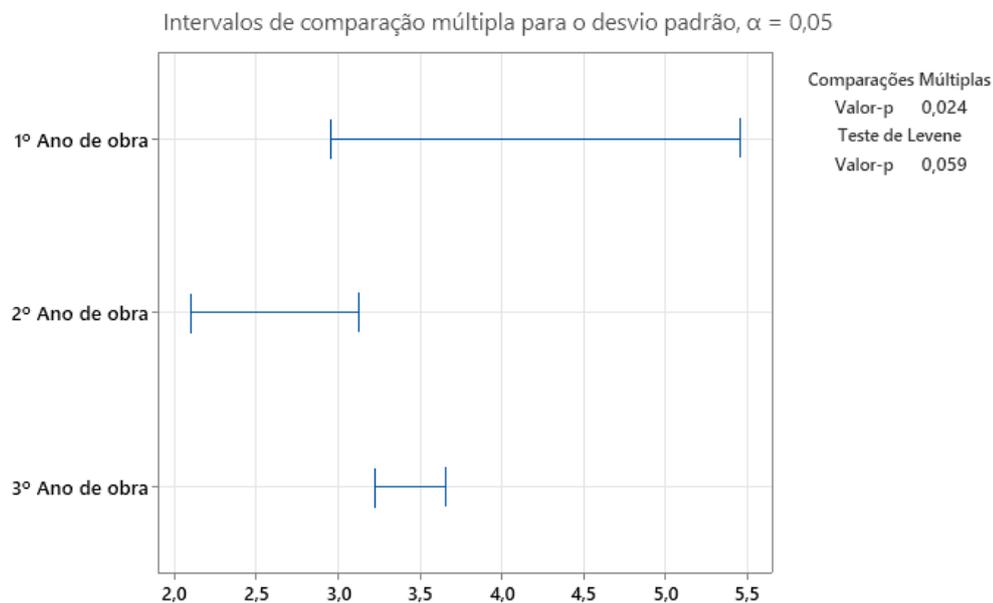
Tabela 14 - Desvio padrão para peneira N°40 com base no IC de Bonferroni.

Amostra	N	Desvio Padrão	IC
1º Ano de obra	22	3,79	(2,55; 6,32)
2º Ano de obra	51	2,50	(2,02; 3,27)
3º Ano de obra	71	3,38	(2,93; 4,02)

Nível de confiança individual = 98,3%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 37 - IC de comparação múltipla para desvio padrão, peneira de N°40.



Se os intervalos não se sobrepuserem, os desvios padrão correspondentes serão significativamente diferentes.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

No que diz respeito a peneira de N°40, pela Tabela 14, percebe-se que a variabilidade no segundo ano é a menor entre os demais anos, enquanto que a do primeiro e terceiro ano são estatisticamente iguais segundo os intervalos da Figura 37. Pode-se destacar, ainda, os resultado dos testes de igualdade: entre os dois, o único que acusa de diferenças significantes nesse parâmetro é o teste CM, pode-se afirmar, pelo valor de p desse teste que há diferença na variabilidade do processo executivo entre o segundo e o terceiro ano da obra.

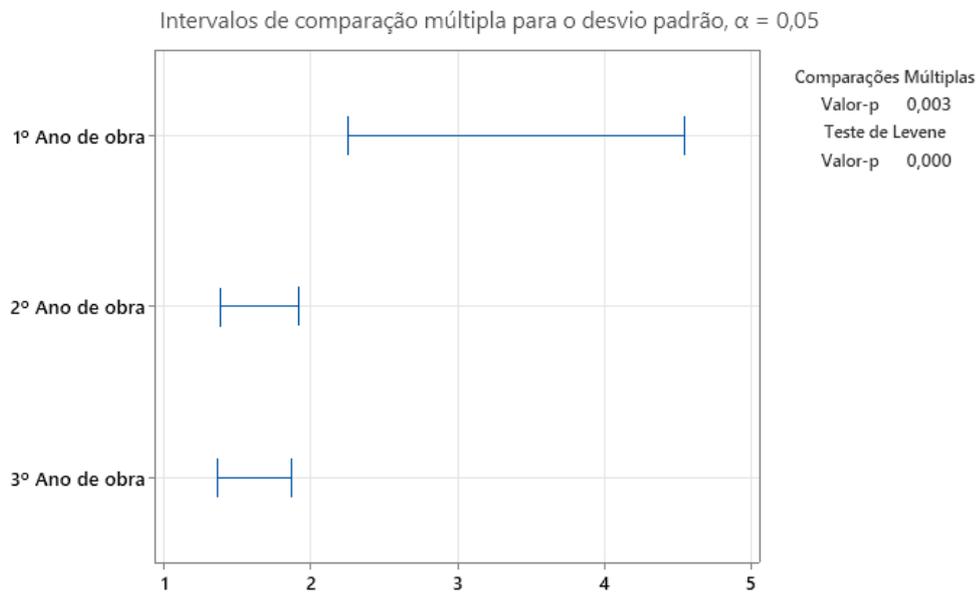
Tabela 15 - Desvio padrão para peneira N°200 com base no IC de Bonferroni.

Amostra	N	Desvio Padrão	IC
1º Ano de obra	22	3,02	(2,19; 4,67)
2º Ano de obra	51	1,59	(1,26; 2,10)
3º Ano de obra	71	1,57	(1,28; 1,99)

Nível de confiança individual = 98,3%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 38 - IC de comparação múltipla para desvio padrão, peneira de N°200.



Se os intervalos não se sobrepuserem, os desvios padrão correspondentes serão significativamente diferentes.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

No que diz respeito a peneira de N°200, pela Tabela 15, vale destacar a grande variabilidade no início do empreendimento, além da diminuição e estabilização da mesma nos dois anos seguintes. Ao analisar o gráfico de resumo dos intervalos e o resultado dos teste de igualdade de variância, na Figura 38, pode-se afirmar que tal variabilidade descrita é, de fato, significativa.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho avaliou-se a variabilidade do processo executivo das camadas granulares a partir dos dados de controle de qualidade, de uma obra já executada no estado do Ceará. Tal análise se deu comparando o nível de variabilidade entre os parâmetros, mas também, olhando cada um individualmente ao longo do tempo. Para tanto, usou-se as planilhas de controle de qualidade das camadas de base e sub-base, ambas contendo todos os ensaios necessários com seus respectivos resultados.

Seguem elencadas a seguir as principais conclusões extraídas a partir dos resultados obtidos sob a análise estatística da variabilidade construtiva das camadas granulares (base e sub-base) de uma obra rodoviária, avaliada na presente pesquisa:

- a) Nenhum dos parâmetros analisados seguiram a distribuição normal. Tal resultado vai contra a suposição de normalidade dos dados estabelecida pela norma DNER 277/97, sendo essa a norma vigente para controle estatístico de obras rodoviárias;
- b) Com relação à camada de base, constatou-se a distribuição Weibull de 3 Parâmetros como a que possui melhor aderência aos parâmetros de grau de compactação e percentagem de material passante na peneira N°200;
- c) Com relação a camada de sub-base, identificou-se as distribuições Weibull de 3 Parâmetros e Maior Valor Extremo como as que possuem melhor aderência aos parâmetros de grau de compactação e Índice de Suporte Califórnia, respectivamente;
- d) Nenhuma distribuição possuiu aderência suficiente para descrever a curva de probabilidade dos parâmetros: umidade *in situ*, Índice de Suporte Califórnia e percentagem passante na peneira de N° 40, sendo essas duas últimas somente na camada de base;
- e) No que concerne a homogeneidade do processo executivo, essa se mostrou pouco consistente dado a diferença nas frequências dos ensaios de controle tecnológico do primeiro ano para os demais, além da presença de períodos de discontinuidades como o que inicia em março de 2016 até agosto desse mesmo ano, e que não foi documentado o resultado de nenhum ensaio, em ambas as camadas;
- f) No que diz respeito a variabilidade, apesar da análise inicial assumir uma variabilidade praticamente igual entre as camadas, quando avaliado o processo

- construtivo no decorrer do tempo concluiu-se que os parâmetros construtivos avaliados, em geral, apresentam menor variabilidade quando executados na camada de base do que quando executados na sub-base. Tal fato pode ser atribuído ao controle mais rigoroso na camada de base devido à qualidade dos materiais empregados, como também a curva de aprendizagem dos empreiteiros;
- g) Pôde-se concluir, também, que a variabilidade tende a diminuir ao decorrer da execução da obra. O primeiro ano, em geral, se mostrou com a maior variabilidade enquanto que o terceiro se mostrou o menos variável, na maioria dos parâmetros;
 - h) O GC foi o parâmetro com menor variabilidade, em ambas as camadas, e apresentou desvios de variabilidade significativos, em especial devido a diminuição da variabilidade no fim da obra;
 - i) O *h in situ*, por sua vez, apresentou variabilidade consideravelmente maior do que o GC, o que pode representar um controle de qualidade ineficiente já que esses são os dois principais parâmetros. A variabilidade desse parâmetro sofreu variações significativas durante a execução da obra;
 - j) O ISC foi o parâmetro com maior variabilidade, em ambas as camadas, entretanto não apresentou desvios de variabilidade significativos;
 - k) Os parâmetros granulométricos, percentual passante nas peneiras de N 40° e N° 200, apresentaram relativamente alta variabilidade, em especial no início. Tal variabilidade não foi considerada homogênea ao longo de toda a obra.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Sabe-se que o cenário rodoviário no Brasil ainda carrega pouca inovação e métodos bastante tradicionais, no que diz respeito ao controle e gerenciamento executivo do pavimento, isso não é diferente. Dito isso, é válido afirmar que ainda há uma enorme quantidade de perspectivas a serem exploradas e melhoradas dentro e fora dessa temática. Como uma forma de esclarecer tais caminhos, descrevem-se a seguir algumas recomendações/sugestões para trabalhos futuros:

- a) Avaliação da variabilidade construtiva de camadas granulares através de um maior número de obras no estado (ou fora dele);
- b) Avaliação não só da variabilidade executiva, mas também da conformidade construtiva das camadas granulares, segundo as normas vigentes;

- c) Avaliação do impacto da utilização de fatores de pagamento voltados para a aceitação dos serviços com base na conformidade e variabilidade dos dados amostrais;
- d) Composição de fatores de pagamento específicos para as camadas granulares com base no que é cobrado pelas normas vigentes;
- e) Inclusão da avaliação dos parâmetros voltados para o revestimento asfáltico levando em conta todas recomendações já citadas;
- f) Avaliação do impacto da não-normalidade dos dados, fato esse levado em conta nas principais normas.

REFERÊNCIAS

AASHTO. **Quality Assurance Guide Specification** – Quality Construction Task Force, American Association of State Highway and Transportation Officials. [S. l.: s. boardn.], 2003.

AHAD, N. A.; YIN, T. S.; OTHMAN, A. R.; YAACOB, C. R.; **Sensitivity of normality tests to non-normal data**. *Sains Malaysiana*, v.40, p.637-641, 2011.

ALBUQUERQUE, F. S. **Qualidade em empresas de projeto e supervisão de obras rodoviárias com pavimento asfáltico**. Dissertação de Mestrado, Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2004.

ALMEIDA, A.; ELIAN, S.; NOBRE, J. **Modificações e alternativas aos testes de Levene e de Brown e Forsythe para igualdade de variâncias e médias**. *Revista Colombiana de Estadística*, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 241-260, 2008.

AL-QADI, I. L.; RIVERA-PEREZ, J.; OZER, R.; SAYEH, W.; MAINIERI, J. J. G. **Data trends and variability in quality control for performance and pay for performance specifications: statistical analysis**. Illinois: Illinois Center For Transportation, 2020.

ALTHOUSE, L.A.; WARE, W.B.; FERRON, J.M. **Detecting departures from normality: a monte carlo simulation of a new omnibus test based on moments**. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA, 1998.

ALVES, A. B. C. **Avaliação da capacidade de suporte e controle tecnológico de execução da camada final de terraplenagem utilizando o penetrômetro dinâmico de cone**. 2002. 185 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

ANG, A.H-S.; TANG, W.H. – **Probability concepts in engineering planning and design: decision, risk and reliability**. New York, John Wiley, Vol. 2, 1984.

ARSHAD, M.; RASOOL, M.T.; AHMAD, M.I. **Anderson darling and modified anderson darling tests for generalized pareto distribution**. *Pakistan Journal of Applied Sciences* 3(2), pp. 85-88, 2003.

BANGA, S. J.; FOX, G. D. **On Bonett's Robust Confidence Interval for a Ratio of Standard Deviations**. In press, 2013.

BERNUCCI, L.; MOTTA, L. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica: Formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2010.

BROWN, M. B.; FORSYTHE, A. B. **Robust Tests for the Equality of Variances**, Journal of the American Statistical Association 69, 364–367, 1974.

BURATI, J. L.; WEED, R. M.; HUGHES, C. S.; HILL, H. S.; CLEMSON University. Dept. Of Civil Engineering. **Optimal procedures for quality assurance specifications**, n. FHWA-RD-02-095. [S. l.: s. n.], 1 abr. 2003. Disponível em: <https://rosap.nsl.bts.gov/view/dot/755>. Acesso em: 23 dez. 2021.

CAMPOS, V. F. **Qualidade total padronização de empresas**. Fundação Christiano Ottoni. Belo Horizonte – MG. 4ª Ed. 124p, 1992.

CARVALHO, M. M. DE; PALADINI, E. P. **Gestão de qualidade: teoria e casos**. 2a ed. ABEPRO, Elsevier, 2012.

CAULCUTT, R. **Statistical process control (SPC)**. Assembly Automation, Vol. 16, No. 4, pp. 10-14, 1996.

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2021**. Brasília: CNT, 2021.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990;

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, DNER. **Manual de pavimentação – Especificação de serviço**, Rio de Janeiro, 1996.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 011/2004-PRO: **Gestão da qualidade em obras rodoviárias – Procedimento**. Rio de Janeiro: IPR, 2004.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT: **Manual de pavimentação**. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

DNER-PRO 277/97. NORMA DNER-PRO 277/97 - **Metodologia para controle**

estatístico de obras e serviços. Rio de Janeiro: DNER, 1997.

DNER-PRO 277/97. NORMA DNER-PRO 277/97 - **Metodologia para controle estatístico de obras e serviços.** Rio de Janeiro: DNER, 1997.

DNIT 139/2010 - ES. NORMA DNIT 139/2010 - ES Pavimentos flexíveis - **Sub-base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: DNIT, 2010.

DNIT 141/2010 - ES. NORMA DNIT 141/2010 - ES Pavimentos flexíveis – **Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: DNIT, 2010.

FARREL, P.J.; STEWART, K.R. **Comprehensive study of tests for normality and symmetry: extending the spiegelhalter test.** *Journal of Statistical Computation and Simulation*, Vol. 76, No. 9, pp. 803–816, 2006.

FERRI, S. **Crítérios de aceitação e controle da qualidade da execução de camadas de fundação de pavimentos novos através de métodos deflectométricos.** 331 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

FIELD, A. **Discovering statistics using SPSS.** 3rd Edition, Sage Publications Ltd., London, 2009.

FINUCAN, H. M. **A note on kurtosis.** *Journal of the Royal Statistical Society*, Edinburgh, Vol. 26, Issue 1, pp. 111- 112, 1964. (Series B-Methodological).

FIRMINO, M. J. **Testes de hipóteses: uma abordagem não paramétrica.** 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Ciências, Departamento de Estatística e Investigação Operacional, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015.

GARFIELD, J.; BEN-ZVI, D. **A framework for teaching and assessing reasoning about variability.** *Statistics Education Research Journal*, v. 4, n. 1, p. 92-99. *Developing students' statistical reasoning: Connecting research and teaching.* New York: Springer, 2008.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade a visão estratégica e competitiva.** 3a ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 357 p, 1992.

Harr, M.E. **Reliability-based design in civil engineering**. New York, McGraw-Hill, 1987.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. **Factory physics: foundations of manufacturing management**. Boston: Irwin Mc Graw–Hill, 668p, 1996.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total a maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

JURAN, J. M. **Planejando para a qualidade**. 2a ed. [S. l.: s. n.], 1992.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report n°. 72. Center for Integrated Facility Engineering. Stanford University, 87p, 1992.

KOSKELA, L. **Making-do: the eighth category of waste**. Annual conference on the international group of lean construction, 12th, Elsinore, Denmark. Proceedings denmark, 10p, 2004.

LEVENE, H. Robust Test for Equality of Variances, in I. O. *et al.*, ed., **Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotteling**, Stanford University Press, California, United States, pp. 278–292, 1960.

LILLIEFORS, H. W. **On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown**. *Journal of the American Statistical Association*, 62(318), 399–402, 1967.

MAIA, C. L. **Análise comparativa de módulos de resiliência obtidos com o Geogauge para o controle de qualidade de camadas granulares dos pavimentos**. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016

MARSHALL, J. I.; CIERCO, A. A.; ROCHA, A. V.; MOTA, E. B.; LEUSIN, S. **Gestão da qualidade**. Rio de Janeiro: Fgv, 2010.

MEDINA, J. Mecânica dos pavimentos. 1. ed. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 1997. 380 p.
PREGO, A.S.S. **A memória da pavimentação no Brasil**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2001.

MEDRI, W. **Análise exploratória dos dados**. Londrina: Centro de Ciências Exatas – Cce Departamento de Estatística, 82 p, 2011.

MESEGUER, Á. G. **Controle e garantia da qualidade na construção**. São Paulo – SP. Sinduscon – SP/Projeto, 1991.

MOREIRA, M. A. L.; FREITAS, J. M. DE.; TOLOI, R. C. **O transporte rodoviário no Brasil e suas deficiências**. Revista Fatec Zona Sul, São Paulo, v. 4, n. 4, p. 1-13, jul. 2018. Disponível em:
<http://www.revistarefas.com.br/index.php/RevFATECZS/article/view/191>. Acesso em: 17 nov. 2021.

NOGUEIRA, M. L. **Avaliação do controle de qualidade de misturas asfálticas e análise do reflexo do nível de qualidade no desempenho dos revestimentos asfálticos**. 2011. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ODA, J. L. F. J. S.; ZERBINI, L. F. **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos**. 105 p. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos Departamento de Transportes, São Carlos, 2006.

PAN, G. **On a Levene Type Test for Equality of Two Variances**. Journal of Statistical Computation and Simulation, 63, 59–71, 1999.

PARKER Jr., F.; BROWN, E. R. **Effects of aggregate properties on exible pavement rutting in Alabama**. Meininger, R. C., editor, Effects of Aggregates and Mineral Fillers on Asphalt Mixture Performance, n. 1147, p. 68. 89. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1992.

PINO, F. A. **A questão da não normalidade**. Revista de Economia Agrícola: uma revisão, São Paulo, v. 61, n. 2, p. 17-33, jul. 2014.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. Editora Copiarte, ISBN: 85-902537-1-6. Rio de Janeiro, Brasil, 2002.

RAZALI, N. M.; WAH, Y. B. **Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling Tests.** *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2, 21-33, 2011.

ROCHA, M. H. P. DA. **Gestão de variabilidade em construção e o conceito de sistemas.** Grupo de Ergonomia e Novas Tecnologias, Coppe, Rio de Janeiro, 1997.

RUSSELL, J. S.; HANNA, A. S.; NORDHEIM, E. V.; SCHMITT, R. L. **Testing and inspection levels for hot-mix asphaltic concrete overlays.** Washington D. C.: Transportation Research Board, 2001. (National Cooperative Highway Research Program, Report 447)

SACKS, R.; RADOSAVLJEVIC, M.; BARAK, R. **Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction.** *Automation in Construction*, v. 19, n. 5, p. 641–655, ago. 2010.

SAMOHYL, R. W; GILIOLI, R; CARVALHO, M. C; BOUER, G; FERREIR, J. J. A; PALADINI, E. P.; MIGUEL, P. A. C. **Gestão da Qualidade.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. **An analysis of variance test for normality (complete samples).** *Biometrika*, Vol. 52, No. 3/4, pp. 591-611, 1965.

SHEWHART, W.A. **Statistical method from the viewpoint of quality control,** W.E. New York: Dover. 1939.

SOARES, J.F. **Introdução à estatística médica.** Belo Horizonte, MG: COOPMED; 2002.

SOUZA, J. J. D. DE. **O efeito da energia de compactação em propriedades dos solos utilizados na pavimentação do estado do Ceará.** 229 f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

SOUZA, R. de *et alii*. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras.** CTE – Centro de Tecnologia de edificações. São Paulo – SP, 1994.

TORMAN, V. B. L. **Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não-paramétricos por simulação.** *Revista Hcpa*, Porto Alegre, v. 32, n. 2, p. 227-234, fev. 2012.

TRIOLA, M. **Introdução à Estatística**, 10^a ed., Rio de Janeiro: LTC, 2008.

WESTERN ELECTRIC COMPANY, Inc. **Statistical quality control handbook**. New York: Mack Printing Company, 1956.

WILK, M.B.; GNANADESIKAN, R. **Probability plotting methods for the analysis of data**. *Biometrika*, 55, 1-17, 1968.

ANEXO A – PLANILHA DO BANCO DE DADOS ANALISADA – SUB-BASE

OBRA: 1				TRECHO:											SUBTRECHO:				CONTRATO:								
MEDIÇÃO:				PERÍODO:											EMPRESA:				CONSULTORIA:								
N° REG	DATA	CAMADA	LADO	ESTACA ENSAIO	ESP. (m)	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% PASSANDO)								ÍNDICES FÍSICOS				LABORATÓRIO				CAMPO					
						2"	1"	3/4"	3/8"	4"	10"	40"	200"	LL (%)	LP (%)	IP	IG	EA (%)	HRB	hot (%)	γS máx (kg/m³)	I.S.C (%)	EXP (%)	γS in situ (kg/m³)	h in situ (%)	GC (%)	
001	06/06/2014	SUB-BASE	E	9+700	0.15									24,3%	NP		0		A-2-6	9,2	1,999	31,0	0,02	2,021	8,10	101,1	
002	06/06/2014	SUB-BASE	E	9+800	0.15										NP						9,0	2,027			2,034	8,60	100,3
003	06/06/2014	SUB-BASE	E	9+900	0.15										NP						8,2	2,032			2,046	7,90	100,7
004	12/06/2014	SUB-BASE	D	9+700	0.15									24,0%	NP		0		A-2-6	9,9	1,954	27,0	0,06	1,955	9,00	100,1	
001	02/07/2014	SUB-BASE	LD	9+800	0.15									NL	NP		0			7,6	2,061			2,103	7,00	102	
002	08/07/2014	SUB-BASE	LD	9+420	0.15									NL	NP		0			11,5	1,927			1,929	10,90	100,1	
003	09/07/2014	SUB-BASE	LD	9+360	0.15									NL	NP		0			9,0	2,078			2,088	7,60	102,3	
004	15/07/2014	SUB-BASE	LD	12+200	0.15									NL	NP		0		A-2-6	8,0	2,053	68,0	0,56	2,101	7,60	102,3	
005	17/07/2014	SUB-BASE	LD	9+300	0.15															10,8	2,008			2,039	10,80	101,5	
003	17/07/2014	SUB-BASE	LD	9+360	0.15												0				2,078			2,088	9,00	100,5	
001	13/08/2014	SUB-BASE	LE	10+200	0.15									25,3%	12,2%	13,0%	0		A-2-4	12,0	1,888	16,0	0,06	1,888	10,00	100	
002	01/09/2014	SUB-BASE	LE	36+200	0.15									39,8%	21,6%	18,2%	0		A-2-4	12,4	1,919	13,0	0,08	1,950	10,00	101,6	
003	12/09/2014	SUB-BASE	LE	36+200	0.15															13,0	1,911			1,959	7,30	102,5	
004	17/09/2014	SUB-BASE	LD	36+240	0.15															9,9	2,018			2,032	7,30	100,7	
001	17/10/2014	SUB-BASE	LE	0+500	0.15									NL	NP	0%	0		A-2-4	10,2	1,902	27,0	0,01	1,944	9,00	102,2	
002	23/10/2014	SUB-BASE	LE	0+700	0.15									NL	NP	0%	0			10,2	2,06			2,079	9,60	100,9	
003	28/10/2014	SUB-BASE	LE	0+400	0.15															10,0	2,037						
004	29/10/2014	SUB-BASE	LE	1+300	0.15									NL	NP	0%	0		A-2-4	9,6	2,031	43,0	0,01	2,047	8,70	100,8	
005	04/11/2014	SUB-BASE	LE	0+900	0.15									NL	NP	0%	1		A-2-4	8,9	2,03	41,0	0,63	2,050	8,00	101	
006	11/11/2014	SUB-BASE	LE	1+500	0.15									NL	NP	0%	0			9,7	2,072			2,090	7,90	100,9	
001	20/11/2014	SUB-BASE	LE	1+200	0.15									NL	NP	0%	0		A-2-4	12,4	2,075	31,0	0,00	2,090	10,00	100,7	
002	20/11/2014	SUB-BASE	DESVIO	1+400	0.15									NL	NP	0%	0		A-2-4	12,4	2,075	34,0	0,00	2,081	10,00	100,3	
003	25/11/2014	SUB-BASE	LE	1+640	0.15														A-2-4	9,7	2,069	30,0	0,02	2,076	8,60	100,3	
004	26/11/2014	SUB-BASE	LD	1+500	0.15														A-2-4	10,1	2,03	36,0	0,00	2,044	9,00	100,7	
001	16/12/2014	SUB-BASE	LD	1+590	0.15															9,8	2,073			2,090	8,00	100,8	
002	22/12/2014	SUB-BASE	LD	0+400	0.15									NL	NP	0,0%	0		A-2-4	12,3	2,033	41,0	0,04	2,056	10,00	101,1	
003	06/01/2015	SUB-BASE	LE	22+700	0.15									26,8%	15,7%	11,1%	0		A-2-4	9,6	1,993	31,0	0,08	1,999	8,60	100,3	
004	13/01/2015	SUB-BASE	LD	0+500	0.15									NL	NP	0,0%	0		A-2-4	13,8	1,925	26,0	0,06	1,967	9,00	102,2	
005	17/01/2015	SUB-BASE	LD	0+700	0.15															12,4	1,985			2,000	9,60	100,8	
001	30/01/2015	SUB-BASE	LD	17+700	0.15															10,6	2,095			2,105	9,00	100,5	
002	03/02/2015	SUB-BASE	LE	9+500	0.15									NL	NP	0,0%	0		A-2-4	10,7	2,066	35,0	0,02	2,083	8,40	100,8	
003	04/02/2015	SUB-BASE	LD	9+500	0.15															10,8	2,055			2,070	8,80	100,7	
001	18/03/2015	SUB-BASE	LD	8+620	0.15									31,9%	29,9%	2,0%	0		A-4	13,1	1,987	24,0	0,03	2,000	12,00	100,7	

Continua

Conclusão

OBRA: 1				TRECHO:											SUBTRECHO:						CONTRATO:							
MEDIÇÃO:				PERÍODO:											EMRPEÇA:						CONSULTORIA:							
Nº REG	DATA	CAMADA	LADO	ESTACA ENSAIO	ESP. (m)	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% PASSANDO)								ÍNDICES FÍSICOS				EA (%)	HRB	LABORATÓRIO				CAMPO				
						2"	1"	3/4"	3/8"	4"	10"	40"	200"	LL (%)	LP(%)	IP	IG			hot (%)	γS máx (kg/m³)	I.S.C (%)	EXP (%)	γS in situ (kg/m³)	h in situ (%)	GC (%)		
002	18/03/2015	SUB-BASE	LD	17+700	0.15														A-4	13,1	2,022					2,034	11,90	100,6
004	20/03/2015	SUB-BASE	LE	22+380	0.15														A-4	11,6	2,036					2,043	10,50	100,3
003	20/03/2015	SUB-BASE	LE	22+400	0.15									37,4%	31,3%	6,0%	1		A-4	12,7	2,013	21,0	0,08		2,018	11,90	100,2	
001	20/05/2015	SUB-BASE	LE	8+700	0.15															11,9	2,027				2,060	10,00	101,6	
002	22/05/2015	SUB-BASE	LE	17+700	0.15									NL	NP	0,0%	0		A-2-4	13,0	1,998	28,0	0,51		2,011	12,00	100,7	
003	02/06/2015	SUB-BASE	LE	15+860	0.15									34,4%	26,7%	7,7%	0		A-2-4	13,2	2,014	32,0	0,68		2,034	11,40	101	
004	11/06/2015	SUB-BASE	LD	1+080	0.15									29,9%	23,7%	6,2%	0		A-2-4	11,1	2,08	29,0	0,86		2,088	10,20	100,4	
005	15/06/2015	SUB-BASE	LD	1+020	0.15														A-2-4	13,0	2,001				2,037	12,40	101,8	
001	22/06/2015	SUB-BASE	LD	1+300	0.15															12,1	2,017				2,064	12,00	102,3	
001	22/06/2015	SUB-BASE	LD	1+300	0.15															12,1	2,017				2,022	11,00	100,2	
002	22/06/2015	SUB-BASE	LD	1+500	0.15									NL	NP	0,0%	0		A-2-4	13,7	2,055	46,0	0,23		2,078	12,00	101,1	
002	22/06/2015	SUB-BASE	LD	1+500	0.15									NL	NP	0,0%	0		A-2-4	13,7	2,055	46,0	0,23		2,088	12,60	101,6	
003	30/06/2015	SUB-BASE	LE	2+300	0.15															11,6	2,026				2,096	10,00	103,5	
003	30/06/2015	SUB-BASE	LE	2+300	0.15															11,6	2,026				2,060	9,60	101,7	
004	02/07/2015	SUB-BASE	LD	1+500	0.15															11,0	2,046				2,065	10,00	100,9	
001	20/08/2015	SUB-BASE	LD	29+460	0.15									22,0%	15,5%	6,5%	0,00		A-2-4	10,6	2,088	64,0	0,01		2,097	10,00	100,4	
001	20/08/2015	SUB-BASE	LD	29+460	0.15									22,0%	15,5%	6,5%	0,00		A-2-4	10,6	2,088	64,0	0,01		2,111	10,00	101,1	
002	20/08/2015	SUB-BASE	LD	29+580	0.15															11,2	2,021				2,028	10,60	100,3	
002	20/08/2015	SUB-BASE	LD	29+580	0.15															11,2	2,021				2,035	10,00	100,7	
002	20/08/2015	SUB-BASE	LD	29+580	0.15															11,2	2,021				2,020	10,00	100	
003	21/08/2015	SUB-BASE	LE	21+600	0.15									25,2%	18,2%	7,0%	0,00		A-4	10,9	2,108	34,0	0,11		2,130	9,30	101	
003	21/08/2015	SUB-BASE	LE	21+600	0.15									25,2%	18,2%	7,0%	0,00		A-4	10,9	2,108	34,0	0,11		2,178	10,00	103,3	
004	24/08/2015	SUB-BASE	LE	21+500	0.15															11,8	2,093				2,145	10,00	102,5	
004	24/08/2015	SUB-BASE	LE	21+500	0.15															11,8	2,093				2,1	10,60	100,3	
005	25/08/2015	SUB-BASE	LE	2+740	0.15									26,9%	15,7%	11,2%	0,00		A-2-4	11,5	2,048	24,0	0,01		2,054	10,00	100,3	
005	25/08/2015	SUB-BASE	LE	2+740	0.15									26,9%	15,7%	11,2%	0,00		A-2-4	11,5	2,048	24,0	0,01		2,075	9,50	101,3	
006	31/08/2015	SUB-BASE	retorno	1+980	0.15															10,3	2,085				2,090	9,80	100,2	
007	03/09/2015	SUB-BASE	LD	20+000	0.15															11,2	2,042				2,099	11,00	102,8	
007	03/09/2015	SUB-BASE	LD	20+000	0.15															11,2	2,042				2,082	10,60	102	
007	03/09/2015	SUB-BASE	LD	20+000	0.15															11,2	2,042				2,072	10,00	101,5	
007	03/09/2015	SUB-BASE	LD	20+000	0.15															11,2	2,042				2,08	10,60	101,9	
008	08/09/2015	SUB-BASE	LD	20+140	0.15															12,7	2,049				2,11	10,00	103	
008	08/09/2015	SUB-BASE	LD	20+140	0.15															12,7	2,049				2,073	9,00	101,2	

Continua

OBRA: 1				TRECHO:										SUBTRECHO:						CONTRATO:							
MEDIÇÃO:				PERÍODO:										EMPRESA:						CONSULTORIA:							
Nº REG	DATA	CAMADA	LADO	ESTACA ENSAIO	ESP. (m)	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% PASSANDO)								ÍNDICES FÍSICOS				EA (%)	HRB	LABORATÓRIO				CAMPO			
						2"	1"	3/4"	3/8"	4"	10"	40"	200"	LL (%)	LP (%)	IP	IG			hot (%)	γS máx (kg/m³)	I.S.C (%)	EXP (%)	γS in situ	h in situ (%)	GC (%)	
002	29/03/2017	SUB-BASE	D	6+000	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	8,4	2,019	38,00	0,00	2,029	7,60	100,5	
003	30/03/2017	SUB-BASE	D	6+100	0.15																10,2	2,034			2,056	9,20	101,1
004	30/03/2017	SUB-BASE	D	6+200	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	10,3	2,027	43,00	0,01	2,035	10,00	100,4	
005	03/04/2017	SUB-BASE	E	5+900	0.15																9,5	2,109			2,113	6,50	100,2
006	03/04/2017	SUB-BASE	E	6+000	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	8,0	2,054	47,00	0,00	2,069	8,00	100,7	
007	03/04/2017	SUB-BASE	E	6+100	0.15																8,7	2,037			2,041	9,00	100,2
008	03/04/2017	SUB-BASE	E	6+200	0.15																9,5	2,043			2,050	9,00	100,3
009	04/04/2017	SUB-BASE	D	8+040	0.15																10,0	2,065			2,078	9,60	100,6
010	04/04/2017	SUB-BASE	D	8+120	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	9,8	2,031	36,00	0,00	2,065	9,00	101,7	
011	04/04/2017	SUB-BASE	D	8+200	0.15																9,0	2,047			2,062	8,60	100,7
012	05/04/2017	SUB-BASE	E	8+060	0.15																8,6	2,044			2,078	8,00	101,7
013	05/04/2017	SUB-BASE	E	8+130	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	9,8	2,021	41,00	0,00	2,029	9,20	100,4	
014	05/04/2017	SUB-BASE	E	8+200	0.15																10,0	2,033			2,045	9,60	100,6
001	02/05/2017	SUB-BASE	D	9+960	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	8,2	1,967	24,0	0,00	1,988	7,60	101,1	
001	02/05/2017	SUB-BASE	D	10+060	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	8,2	1,967	24,0	0,00	1,976	7,70	100,5	
002	03/05/2017	SUB-BASE	E	9+980	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	10,1	1,976	28,0	0,00	1,990	9,40	100,7	
002	03/05/2017	SUB-BASE	E	10+080	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	10,1	1,976	28,0	0,00	2,001	9,80	101,3	
003	05/05/2017	SUB-BASE	D	10+220	0.15									NL	NP	0,0%	2,00		A-2-4	10,7	1,926	31,0	0,00	1,965	10,00	102	
003	05/05/2017	SUB-BASE	D	10+300	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	10,7	1,926	31,0	0,00	1,981	9,90	102,9	
004	07/05/2017	SUB-BASE	E	10+220	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	9,5	1,930	28,0	0,00	1,948	8,20	100,9	
004	07/05/2017	SUB-BASE	E	10+290	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	9,5	1,930	28,0	0,00	1,956	8,20	101,3	
002	25/05/2017	SUB-BASE	E	9+120	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	10,5	1,976	57,00	0,00	2,001	9,40	101,3	
001	25/05/2017	SUB-BASE	E	9+960	0.15									NL	NP	0,0%	0,00				9,3	1,983			1,988	9,00	100,3
003	26/05/2017	SUB-BASE	E	9+200	0.15									NL	NP	0,0%	0,00				11,5	1,942			1,976	10,40	101,8
004	26/05/2017	SUB-BASE	E	9+300	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	10,0	1,944	40,00	0,00	1,983	9,40	102	
005	26/05/2017	SUB-BASE	E	9+400	0.15									NL	NP	0,0%					9,5	1,951			1,965	9,00	100,7
006	29/05/2017	SUB-BASE	D	9+980	0.15									NL	NP	0,0%	0,00				8,0	2,004			2,018	7,60	100,7
007	29/05/2017	SUB-BASE	D	10+140	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	9,8	1,924	34,00	0,00	1,956	9,00	101,7	
008	30/05/2017	SUB-BASE	D	10+250	0.15									NL	NP	0,0%	0,00				9,4	1,967			1,988	9,00	101,1
009	30/05/2017	SUB-BASE	D	10+320	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	9,6	1,955	38,00	0,00	1,961	8,90	100,3	
010	30/05/2017	SUB-BASE	D	10+450	0.15									NL	NP	0,0%	0,00				8,8	1,972			1,983	8,00	100,6
001	06/07/2017	SUB-BASE	E	7+840	0.15																9,7	1,99			1,998	8,60	100,4
001	06/07/2017	SUB-BASE	E	7+900	0.15																9,7	1,99			2,022	9,00	101,86

Continua

Conclusão

OBRA: 1				TRECHO:												SUBTRECHO:						CONTRATO:					
MEDIÇÃO:				PERÍODO:												EMPRESA:						CONSULTORIA:					
Nº REG	DATA	CAMADA	LADO	ESTACA ENSAIO	ESP. (m)	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% PASSANDO)								ÍNDICES FÍSICOS				EA (%)	HRB	LABORATÓRIO				CAMPO			
						2"	1"	3/4"	3/8"	4"	10"	40"	200"	LL (%)	LP(%)	IP	IG			hot (%)	γS máx (kg/m³)	I.S.C (%)	EXP (%)	γS in situ	h in situ (%)	GC (%)	
002	06/07/2017	SUB-BASE	E	7+980	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	9,1	1,972	34,00	0,00	1,987	8,80	100,8	
002	06/07/2017	SUB-BASE	E	8+040	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	9,1	1,972	34,00	0,00	1,980	8,60	100,4	
003	06/07/2017	SUB-BASE	E	8+120	0.15															8,1	1,986			2,009	8,00	101,2	
003	06/07/2017	SUB-BASE	E	8+200	0.15															8,1	1,986			1,996	7,60	100,5	
004	11/07/2017	SUB-BASE	D	7+860	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	12,2	1,921	32,00	0,00	1,945	11,20	101,2	
004	11/07/2017	SUB-BASE	D	7+960	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	12,2	1,921	32,00	0,00	1,953	11,00	101,7	
005	11/07/2017	SUB-BASE	D	8+020	0.15															9,7	1,977			1,986	9,00	100,5	
005	11/07/2017	SUB-BASE	D	8+100	0.15															9,7	1,977			2,001	8,80	101,2	
006	11/07/2017	SUB-BASE	D	8+180	0.15															9,5	1,967			1,974	8,60	100,4	
001	22/07/2017	SUB-BASE	P.E	7+900	0.15															10,2	1,658			1,988	9,40	101,5	
002	22/07/2017	SUB-BASE	P.E	7+980	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	10,2	1,927	32,00	0,00	1,943	9,20	100,8	
003	24/07/2017	SUB-BASE	P.D	7+920	0.15															10,6	1,952			1,976	8,80	101,2	
004	24/07/2017	SUB-BASE	P.D	7+960	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	10,8	1,932	31,00	0,00	1,954	9,00	101,1	
007	25/07/2017	SUB-BASE	retorno	10+460	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	10,4	1,929	35,00	0,00	1,933	9,60	100,2	
005	25/07/2017	SUB-BASE	P.E	10+530	0.15															9,8	1,941			1,977	9,00	101,9	
006	25/07/2017	SUB-BASE	P.E	10+640	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	9,5	1,918	41,00	0,00	1,928	8,40	100,5	
008	26/07/2017	SUB-BASE	P.D	10+540	0.15															9,5	1,993			2,009	8,20	100,8	
009	26/07/2017	SUB-BASE	P.D	10+620	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	8,7	1,997	34,00	0,00	2,013	8,00	100,8	
010	26/07/2017	SUB-BASE	P.E	11+250	0.15															10,9	1,927			1,954	9,60	101,4	
011	26/07/2017	SUB-BASE	P.E	11+380	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	10,8	1,94	41,00	0,00	1,977	9,00	101,9	
012	27/07/2017	SUB-BASE	P.D	11+240	0.15															10,9	1,944			1,958	10,00	100,7	
013	27/07/2017	SUB-BASE	P.D	11+340	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	10,5	1,925	35,00	0,00	1,984	9,40	103,1	
001	28/08/2017	SUB-BASE	P.E	11+400	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	11,0	1,916	28,00	0,00	1,927	10,40	100,6	
002	28/08/2017	SUB-BASE	P.E	11+500	0.15															10,8	1,933			1,955	9,60	101,1	
003	29/08/2017	SUB-BASE	P.E	11+600	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	11,4	1,954	29,00	0,00	1,966	9,80	100,8	
004	29/08/2017	SUB-BASE	P.E	11+650	0.15															11,0	1,959			1,999	10,80	102	
005	30/08/2017	SUB-BASE	P.D	11+400	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	11,0	1,921	34,00	0,00	1,945	11,00	101,2	
006	30/08/2017	SUB-BASE	P.D	11+500	0.15															11,0	1,923			1,949	10,20	101,4	
007	31/08/2017	SUB-BASE	P.D	11+600	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-2-4	9,9	1,955	28,00	0,00	1,974	9,00	101	
008	31/08/2017	SUB-BASE	P.D	11+650	0.15															10,6	1,925			1,978	10,00	102,8	
001	20/09/2017	SUB-BASE	E	11+650	0.15															8,6	2,036			2,045	8,00	100,4	
002	26/09/2017	SUB-BASE	X	11+720	0.15									21,4%	14,3%	7,2%	0,00		A-4	11,7	1,959	20,00	0,00	1,983	11,20	101,2	
003	27/09/2017	SUB-BASE	D	11+800	0.15															10,6	2,041			2,062	9,60	101	

Continua

Conclusão

OBRA: 1				TRECHO:										SUBTRECHO:				CONTRATO:									
MEDIÇÃO:				PERIODO:										EMRPEÇA:				CONSULTORIA:									
N° REG	DATA	CAMADA	LADO	ESTACA ENSAIO	ESP. (m)	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% PASSANDO)								ÍNDICES FÍSICOS				EA (%)	HRB	LABORATÓRIO				CAMPO			
						2"	1"	3/4"	3/8"	4"	10"	40"	200"	LL (%)	LP(%)	IP	IG			hot (%)	γS máx (kg/m³)	I.S.C (%)	EXP (%)	γS in situ	h in situ (%)	GC (%)	
004	27/09/2017	SUB-BASE	X	11+860	0.15									22,0%	14,4%	7,6%	0,00		A-2-4	11,7	1,95	41,00	0,00	1,975	10,80	101,3	
005	02/10/2017	SUB-BASE	E	11+660	0.15																9,2	1,996			2,009	8,80	100,7
006	02/10/2017	SUB-BASE	X	11+740	0.15									17,9%	12,4%	5,5%	0,00		A-2-4	11,1	1,938	38,00	0,00	1,953	10,40	100,8	
007	02/10/2017	SUB-BASE	D	11+860	0.15																10,8	1,943			1,989	10,60	102,4

ANEXO B – PLANILHA DO BANCO DE DADOS ANALISADA – BASE

OBRA: 1				TRECHO:										SUBTRECHO:						CONTRATO:						
MEDIÇÃO:				PERÍODO:										EMPRESA:						CONSULTORIA:						
Nº REG	DATA	CAMADA	LADO	ESTACA ENSAIO	ESP. (m)	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% PASSANDO)								ÍNDICES FÍSICOS				EA (%)	HRB	LABORATÓRIO				CAMPO		
						2"	1"	3/4"	3/8"	4"	10"	40"	200"	LL (%)	LP (%)	IP	IG			hot (%)	γs máx (kg/m³)	I.S.C (%)	EXP (%)	γs in situ	h in situ (%)	GC (%)
001	10/06/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	9+740	0.16							25,3	11,9	NL	NP		0		a.1.b	7,2	2,024	111	0	2,087	7	103,1
002	11/06/2014	B. BRITA GRADUADA	LD	9+700	0.16							26	12,6	NL	NP				a.1.b	7,3	2,066	114	0	2,1	6,6	101,6
003	18/06/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	9+900	0.17															7,1	2,075			2,112	7	101,8
001	10/07/2014	B. BRITA GRADUADA	LD	9+700	0.15							25,0	13,7	NL	NP		0		a.1.b	8,7	2,054			2,063	7,60	100,4
002	14/07/2014	B. BRITA GRADUADA	LD	9+840	0.15							28,0	12,1	NL	NP		0		a.1.b	7,4	2,077	111,0	0	2,080	7,00	100,1
001	28/08/2014	B. BRITA GRADUADA	LD	36+400	0.15							32,0	16,1	NL	NP		0		A-1-A	6,3	2,045	119,0	0	2,094	6,50	102,4
002	02/09/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	36+400	0.15							22,2	9,9	NL	NP		0		A-1-A	6,8	2,036			2,094	6,50	102,9
003	03/09/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	36+380	0.15							26,5	14,0				0		A-1-A	6,5	2,063	116,0	0	2,069	6,00	100,1
004	11/09/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	10+180	0.15							26,5	13,0	NL	NP		0		A-1-A	8,0	2,053	121,0	0	2,07	7,00	100,8
005	16/09/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	36+200	0.15															6,0	2,022			2,046		101,1
001	26/09/2014	B. BRITA GRADUADA	LD	36+300	0.15							24,6	13,4	NL	NP	0	0		A-1a	6,7	2,039	124,0	0	2,099	6,00	102,9
002	30/09/2014	B. BRITA GRADUADA	8 E 9	RETORNO	0.15									NL	NP	0	0		A-1a	6,1	2,037			2,078	6,30	102,0
001	21/10/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	0+500	0.15							19,3	12,4	NL	NP	0%	0		A-1a	7,9	2,081	96,0	0	2,090	7,00	100,4
002	28/10/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	0+700	0.15									NL	NP	0%	0		A-1a	9,1	2,066			2,099	8,00	101,6
003	30/10/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	0+400	0.15									NL	NP	0%	0		A-1a	7,1	2,057			2,078	7,00	101,0
004	05/11/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	1+300	0.15							16,6	11,1	NL	NP	0%	0		A-1a	7,6	2,148	122,0	0	2,156	6,90	100,4
005	06/11/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	0+900	0.15									NL	NP	0%	1		A-1a	9,9	2,082			2,088	8,00	100,3
006	11/11/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	0+3908	0.15							28,6	14,5	NL	NP	0%	0		A-1a	7,4	2,168			2,190		101,0
007	13/11/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	1+500	0.15							28,6	14,5	NL	NP	0%	0		A-1a	8,7	2,125			2,145		100,9
001	21/11/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	1+200	0.15															7,9	2,094			2,110	7,00	101,0
002	21/11/2014	B. BRITA GRADUADA	DESVIO	1+440	0.15															7,9	2,094			2,123	7,20	101,0
003	02/12/2014	B. BRITA GRADUADA	DESVIO	1+400	0.15							19,0	6,2	NL	NP	0,0%	0		A-1a	6,3	2,169			2,174	6,00	100,0
001	17/12/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	3+400										NL	NP	0,0%	0		A-1a	7,8	2,193			2,210	7,00	100,8
002	18/12/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	3+500								26,0	8,3	NL	NP	0,0%	0		A-1a	7,7	2,184	192,0	0,00	2,200	7,00	100,7
003	20/12/2014	B. BRITA GRADUADA	LE	3+300										NL	NP	0,0%	0		A-1a	7,4	2,197			2,218	6,60	101,0
004	14/01/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	22+700										NL	NP	0,0%	0		A-1a	7,4	2,201			2,213	7,00	100,5
001	19/01/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	0+380	0.15									NL	NP	0%	0		A-1a	6,2	2,209			2,219	6,00	100,5
002	20/01/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	0+500	0.16							22,8	4,6	NL	NP	0%	0		A-1a	6,5	2,211	112,0	0,00	2,220	6,50	100,4
003	21/01/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	0+700	0.15									NL	NP	0%	0		A-1a	6,8	2,218			2,226	6,00	100,4
004	03/02/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	1+980	0.16									NL	NP	0%	0		A-1a	7,9	2,171			2,200	8,00	101,3
005	04/02/2015	B. BRITA GRADUADA		RUA RECANTO DO MAR										NL	NP	0%	1		A-1a	6,6	2,205			2,222	7,00	100,8
006	06/02/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	9+600	0.15							26,8	11,9	NL	NP	0%	0		A-1a	6,6	2,223	122	0,00	2,256	6,00	101,5
007	07/02/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	9+500	0.17									NL	NP	0%	0		A-1a	7,6	2,195			2,210	7,00	100,7

Continua

Conclusão

OBRA: 1				TRECHO:										SUBTRECHO:				CONTRATO:									
MEDIÇÃO:				PERÍODO:										EMPRESA:				CONSULTORIA:									
Nº REG	DATA	CAMADA	LADO	ESTACA ENSAIO	ESP. (m)	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% PASSANDO)								ÍNDICES FÍSICOS				EA (%)	HRB	LABORATÓRIO				CAMPO			
						2"	1"	3/4"	3/8"	4"	10"	40"	200"	LL (%)	LP(%)	IP	IG			hot (%)	γS máx (kg/m³)	I.S.C (%)	EXP (%)	γS in situ	h in situ (%)	GC (%)	
008	09/02/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	9+500	0.15									NL	NP	0%	0		A-1a	6,2	2,231			2,256	7,00	101,1	
001	07/04/2015	B. BRITA GRADUADA		17+700	0.15																6,9	2,242			2,300	6,80	102,6
001	20/05/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	9+000	0.15																6,3	2,239			2,290	6,00	102,3
002	21/05/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	8+280	0.15							18,0	6,4	NL	NP	0,0%	0		A-1a	8,8	2,212	157,0	0,00	2,234	7,60	101,0	
003	25/05/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	17+700	0.15									NL	NP	0,0%	0		A-1a	6,5	2,232			2,250	6,00	100,8	
004	17/06/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	1+000	0.15									NL	NP	0,0%	0		A-1a	6,6	2,25			2,278	6,00	101,2	
001	24/06/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	1+440	0.15							26,4	9,1	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	6,5	2,214	128,0	0,00	2,299	6,40	103,8	
001	24/06/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	1+440	0.15							26,4	9,1	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	6,5	2,214	128,0	0,00	2,300	6,60	103,9	
001	24/06/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	1+440	0.15							26,4	9,1	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	6,5	2,214	128,0	0,00	2,270	6,60	102,5	
001	24/06/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	1+440	0.15							26,4	9,1	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	6,5	2,214	128,0	0,00	2,275	6,40	102,8	
003	02/07/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	17+400	0.15															6,9	2,222			2,237	6,50	100,7	
004	06/07/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	1+920	0.15															6,4	2,234			2,3	6,40	103,0	
004	06/07/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	1+920	0.15															6,4	2,234			2,288	6,40	102,3	
001	05/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	2+200	0.15							29,0	9,4	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,0	2,209	145,0	0,00	2,256	6,60	102,1	
001	05/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	2+280	0.15							29,0	9,4	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,0	2,209	145,0	0,00	2,283	7,00	103,3	
001	05/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	2+360	0.15							29,0	9,4	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,0	2,209	145,0	0,00	2,244	6,80	101,6	
003	06/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	2+440	0.15															6,9	2,212			2,266	6,00	102,4	
003	06/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	2+520	0.15															6,9	2,212			2,231	6,90	100,9	
003	06/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	2+600	0.15															6,9	2,212			2,256	6,70	102,0	
003	06/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	2+680	0.15															6,9	2,212			2,229	6,00	100,8	
004	13/08/2015	B. BRITA GRADUADA	baia D	1+200	0.15															7,0	2,206			2,278	7,00	103,3	
001	27/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	21+620	0.15							29,3	10,5	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	6,8	2,22	135,0	0,00	2,228	6,00	100,4	
001	27/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	21+620	0.15							29,3	10,5	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	6,8	2,22	135,0	0,00	2,294	6,60	103,3	
002	27/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	21+620	0.15							29,3	10,5	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	6,8	2,22	135,0	0,00	2,235	6,60	100,7	
002	27/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	21+620	0.15							29,3	10,5	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	6,8	2,22	135,0	0,00	2,252	6,00	101,4	
002	28/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	2+700	0.15															7,1	2,191			2,200	7,00	100,4	
003	28/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	2+780	0.15															7,1	2,191			2,209	7,10	100,8	
003	28/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	2+880	0.15															7,1	2,191			2,244	7,00	102,4	
004	28/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	2+940	0.15															7,1	2,191			2,248	7,10	102,6	
004	31/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	1+960	0.15							25,8	9,6	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,4	2,224	118,0	0,00	2,266	7,00	101,9	
005	31/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	1+960	0.15							25,8	9,6	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,4	2,224	118,0	0,00	2,256	7,00	101,4	
005	31/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	1+960	0.15							25,8	9,6	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,4	2,224	118,0	0,00	2,279	7,40	102,5	
006	31/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	1+960	0.15							25,8	9,6	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,4	2,224	118,0	0,00	2,291	7,00	103,0	

Continua

Conclusão

OBRA: 1				TRECHO:											SUBTRECHO:				CONTRATO:								
MEDIÇÃO:				PERÍODO:											EMPRESA:				CONSULTORIA:								
N° REG	DATA	CAMADA	LADO	ESTACA ENSAIO	ESP. (m)	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% PASSANDO)							ÍNDICES FÍSICOS				EA (%)	HRB	LABORATÓRIO			CAMPO					
						2"	1"	3/4"	3/8"	4"	10"	40"	200"	LL (%)	LP(%)	IP			IG	hot (%)	γS máx (kg/m³)	I.S.C (%)	EXP (%)	γS in situ	h in situ (%)	GC (%)	
007	31/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	1+960	0.15							25,8	9,6	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,4	2,224	118,0	0,00	2,237	7,20	100,6	
007	31/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	1+960	0.15							25,8	9,6	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,4	2,224	118,0	0,00	2,258	7,00	101,5	
007	31/08/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	1+960	0.15							25,8	9,6	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,4	2,224	118,0	0,00	2,278	7,30	102,4	
007	02/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	2+400	0.15																6,9	2,223			2,256	6,40	101,5
008	02/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	2+400	0.15																6,9	2,223			2,287	6,00	102,9
008	02/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	2+520	0.15																6,9	2,223			2,25	6,90	101,2
008	02/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	2+580	0.15																6,9	2,223			2,235	6,60	100,5
009	03/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	29+300	0.15																7,0	2,207			2,232	6,90	101,1
010	03/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	29+360	0.15																7,0	2,207			2,254	7,00	102,1
010	03/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	29+420	0.15																7,0	2,207			2,29	7,00	103,8
011	03/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	29+500	0.15																7,0	2,207			2,234	7,00	101,2
001	15/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	2+620	0.15							21,4	7,3	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,2	2,224	128,0	0,00	2,290	6,60	103,0	
001	15/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	2+700	0.15							21,4	7,3	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,2	2,224	128,0	0,00	2,294	7,00	103,1	
001	15/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	2+760	0.15							21,4	7,3	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,2	2,224	128,0	0,00	2,245	6,60	100,9	
001	15/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	2+820	0.15							21,4	7,3	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,2	2,224			2,254	6,80	101,3	
001	16/09/2015	B. BRITA GRADUADA	d	3+040	0.15							26,1	13,3	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	8,5	2,236	138,0	0,00	2,266	8,00	101,3	
001	16/09/2015	B. BRITA GRADUADA	d	3+100	0.15							26,1	13,3	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	8,5	2,236	138,0	0,00	2,245	8,20	100,4	
001	16/09/2015	B. BRITA GRADUADA	d	3+160	0.15							26,1	13,3	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	8,5	2,236	138,0	0,00	2,288	7,90	102,3	
001	17/09/2015	B. BRITA GRADUADA	d	3+240	0.15							26,1	13,3	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	8,5	2,236	138,0	0,00	2,266	8,00	101,3	
001	17/09/2015	B. BRITA GRADUADA	d	3+300	0.15							26,1	13,3	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	8,5	2,236	138,0	0,00	2,299	8,50	102,6	
001	17/09/2015	B. BRITA GRADUADA	d	3+360	0.15							26,1	13,3	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	8,5	2,236	138,0	0,00	2,239	8,00	100,1	
001	17/09/2015	B. BRITA GRADUADA	d	3+420	0.15							26,1	13,3	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	8,5	2,236	138,0	0,00	2,255	8,40	100,8	
002	17/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	26+440	0.15																7,1	2,209			2,250	7,00	101,9
002	17/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	26+500	0.15																7,1	2,209			2,278	6,60	103,1
002	17/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LE	26+560	0.15																7,1	2,209			2,228	6,80	100,9
004	17/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	2+880	0.15																7,2	2,239			2,258	7,00	100,8
004	17/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	2+940	0.15																7,2	2,239			2,266	7,20	101,2
004	17/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	3+000	0.15																7,2	2,239			2,27	7,00	101,4
004	17/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	3+080	0.15																7,2	2,239			2,244	7,00	100,2
004	17/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	3+200	0.15																7,2	2,239			2,256	6,80	100,8
004	17/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	3+300	0.15																7,2	2,239			2,288	7,00	102,2
004	17/09/2015	B. BRITA GRADUADA	LD	3+380	0.15																7,2	2,239			2,255	6,90	100,7
002	17/09/2015	B. BRITA GRADUADA	d	3+500	0.15																9,5	2,221			2,233	8,70	100,5

Continua

Conclusão

OBRA: 1				TRECHO:											SUBTRECHO:						CONTRATO:						
MEDIÇÃO:				PERÍODO:											EMPRESA:						CONSULTORIA:						
Nº REG	DATA	CAMADA	LADO	ESTACA ENSAIO	ESP. (m)	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% PASSANDO)								ÍNDICES FÍSICOS				EA (%)	HRB	LABORATÓRIO				CAMPO			
						2"	1"	3/4"	3/8"	4"	10"	40"	200"	LL (%)	LP (%)	IP	IG			hot (%)	γS máx (kg/m³)	I.S.C (%)	EXP (%)	γS in situ	h in situ (%)	GC (%)	
001	30/11/2015	B. BRITA GRADUADA	e	28+420	0.15							27,5	10,6	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,8	2,224	101,0	0,00	2,291	6,00	103,0	
002	02/12/2015	B. BRITA GRADUADA	e	28+000	0.15																7,4	2,235			2,300	7,00	102,9
002	02/12/2015	B. BRITA GRADUADA	e	28+560	0.15																7,4	2,235			2,312	7,00	103,4
002	02/12/2015	B. BRITA GRADUADA	e	28+640	0.15																7,4	2,235			2,298	7,20	102,8
003	07/12/2015	B. BRITA GRADUADA	d	7+040	0.15																7,5	2,231			2,309	6,60	103,5
003	07/12/2015	B. BRITA GRADUADA	d	7+120	0.15																7,5	2,231			2,297	6,60	103,0
004	08/12/2015	B. BRITA GRADUADA	d	7+180	0.15																7,9	2,252			2,278	6,70	101,2
004	08/12/2015	B. BRITA GRADUADA	d	7+230	0.15																7,9	2,252			2,267	6,70	100,7
004	08/12/2015	B. BRITA GRADUADA	d	7+300	0.15																7,9	2,252			2,355	7,50	104,6
007	14/12/2015	B. BRITA GRADUADA	d	6+420	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,8	2,248	104,0	0,00	2,282	8,00	101,5	
007	14/12/2015	B. BRITA GRADUADA	d	6+480	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,8	2,248	104,0	0,00	2,25	8,00	100,1	
007	14/12/2015	B. BRITA GRADUADA	d	6+540	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,8	2,248	104,0	0,00	2,294	8,00	102,0	
001	14/12/2015	B. BRITA GRADUADA	d	7+640	0.15							24,7	11,3	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,4	2,278	114,0	0,00	2,317	6,90	101,7	
001	16/12/2015	B. BRITA GRADUADA	d	7+700	0.15							24,7	11,3	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,4	2,278	114,0	0,00	2,331	7,00	102,3	
001	16/12/2015	B. BRITA GRADUADA	retorno	7+700	0.15							24,7	11,3	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,4	2,278	114,0	0,00	2,281	7,40	100,1	
001	18/12/2015	B. BRITA GRADUADA	d	7+760	0.15							24,7	11,3	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,4	2,278	114,0	0,00	2,345	7,40	102,9	
002	18/12/2015	B. BRITA GRADUADA	e	7+660	0.15																7,6	2,242			2,330	7,80	103,9
002	19/12/2015	B. BRITA GRADUADA	e	7+760	0.15																7,6	2,242			2,322	7,70	103,6
001	22/12/2015	B. BRITA GRADUADA	e	6+920	0.15									NL	NP	0,0%	0,00			5,7	2,217			2,288	6,00	103,2	
001	22/12/2015	B. BRITA GRADUADA	e	7+000	0.15									NL	NP	0,0%	0,00			5,7	2,217			2,270	6,00	102,4	
003	22/12/2015	B. BRITA GRADUADA	lça direita	4+640	0.15							20,4	10,0	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	8,1	2,254	108,0	0,00	2,326	8,00	103,2	
003	22/12/2015	B. BRITA GRADUADA	lça direita	4+640	0.15							20,4	10,0	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	8,1	2,254	108,0	0,00	2,288	7,00	101,5	
004	12/01/2016	B. BRITA GRADUADA	baia direita	6+660	0.15																7,8	2,261			2,298	6,90	101,6
005	12/01/2016	B. BRITA GRADUADA	lça esquerda	4+640	0.15																8,3	2,229			2,269	7,90	101,8
005	12/01/2016	B. BRITA GRADUADA	lça esquerda	4+640	0.15																8,3	2,229			2,301	7,80	103,2
006	17/02/2016	B. BRITA GRADUADA	baia d	7+240	0.15							24,8	10,3	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,4	2,264	96,0	0,00	2,300	7,30	101,6	
006	17/02/2016	B. BRITA GRADUADA	baia e	28+240	0.15							24,8	10,3	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,4	2,264	96,0	0,00	2,269	7,00	100,2	
001	22/02/2016	B. BRITA GRADUADA	D	1+240	0.15							21,8	9,7	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,4	2,214	111,0	0,00	2,234	7,00	100,9	
001	22/02/2016	B. BRITA GRADUADA	e	6+940	0.15							27,2	12,8	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,1	2,255	103,0	0,00	2,278	6,20	101,0	
001	22/02/2016	B. BRITA GRADUADA	e	7+000	0.15							27,2	12,8	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,1	2,255	103,0	0,00	2,265	6,00	100,4	
002	23/02/2016	B. BRITA GRADUADA	D	1+980	0.15							24,6	10,2	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	6,9	2,21	114,0	0,00	2,228	6,60	100,8	
002	23/02/2016	B. BRITA GRADUADA	d	6+980	0.15							24,6	10,2	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,1	2,233	114,0	0,00	2,265	6,60	101,0	
003	27/02/2016	B. BRITA GRADUADA	D	4+980	0.15									NL	NP	0,0%	0,0			6,3	2,236			2,265	6,00	101,3	

Continua

Conclusão

OBRA: 1				TRECHO:										SUBTRECHO:				CONTRATO:								
MEDIÇÃO:				PERÍODO:										EMRPEA:				CONSULTORIA:								
N° REG	DATA	CAMADA	LADO	ESTACA ENSAIO	ESP. (m)	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% PASSANDO)								ÍNDICES FÍSICOS				LABORATÓRIO				CAMPO				
						2"	1"	3/4"	3/8"	4"	10"	40"	200"	LL (%)	LP(%)	IP	IG	EA (%)	HRB	hot (%)	γS máx (kg/m³)	I.S.C (%)	EXP (%)	γS in situ	h in situ (%)	GC (%)
004	02/03/2016	B. BRITA GRADUADA	E	25+180	0.15							20,1	9,0	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	6,9	2,232	108,0	0,00	2,276	6,30	102,0
005	03/03/2016	B. BRITA GRADUADA	D	5+060	0.15									NL	NP	0,0%	0,0			6,1	2,261			2,287	6,00	101,1
006	04/03/2016	B. BRITA GRADUADA	D	5+140	0.15									NL	NP	0,0%	0,0			6,6	2,237			2,243	6,00	100,3
007	05/03/2016	B. BRITA GRADUADA	D	5+220	0.15									NL	NP	0,0%	0,0			6,1	2,273			2,290	6,00	100,7
008	07/03/2016	B. BRITA GRADUADA	E	6+986	0.15							22,2	10,9	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,3	2,245	117,0	0,00	2,278	6,90	101,5
009	07/03/2016	B. BRITA GRADUADA	D	6+987	0.15									NL	NP	0,0%	0,0			7,0	2,234			2,243	6,60	100,4
010	07/03/2016	B. BRITA GRADUADA	E	8+520	0.15															6,8	2,257			2,288	6,00	101,4
001	02/08/2016	B. BRITA GRADUADA	E	0+20	0.15							20,5	9,7	NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	7,2	2,209	118,0	0,00	2,227	7,00	100,8
002	03/08/2016	B. BRITA GRADUADA	E	0+100	0.15															7,4	2,224			2,243	7,10	100,9
003	04/08/2016	B. BRITA GRADUADA	E	0+200	0.15							25,0	12,3							7,2	2,22	128,0	0,00	2,249	7,00	101,3
004	05/08/2016	B. BRITA GRADUADA	E	0+300	0.15									NL	NP	0,0%	0,0		A-1a	6,9	2,224			2,239	6,20	100,7
001	02/09/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	0+360	0.15															6,7	2,216			2,242	6,00	101,2
001	02/09/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	0+380	0.15															6,7	2,216			2,227	6,20	100,5
002	12/09/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	rotatoria	0.15							28,0	11,3	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,8	2,196	128,0	0,00	2,209	7,00	100,6
002	12/09/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	rotatoria	0.15							28,0	11,3	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,8	2,196	128,0	0,00	2,215	7,00	100,9
003	13/09/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	0+200	0.15															8,1	2,193			2,201	8,00	100,4
003	13/09/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	0+280	0.15															8,1	2,193			2,215	8,00	101,0
004	13/09/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	4+280	0.15							28,7	11,2	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,2	2,212	135,0	0,00	2,224	7,20	100,5
004	13/09/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	4+400	0.15							28,7	11,2	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,2	2,212	135,0	0,00	2,246	7,60	101,5
005	15/09/2016	B. BRITA GRADUADA	pista e	4+280	0.15							24,2	8,1	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,4	2,218	128,0	0,00	2,238	7,00	100,9
005	15/09/2016	B. BRITA GRADUADA	pista e	4+390	0.15							24,2	8,1	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,4	2,218	128,0	0,00	2,252	7,00	101,5
001	23/09/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	0+180	0.15							27,0	9,2	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,7	2,216	142,0	0,00	2,239	6,00	101,0
001	23/09/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	0+220	0.15							27,0	9,2	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,7	2,216	142,0	0,00	2,246	6,20	101,4
001	23/09/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	0+300	0.15							27,0	9,2	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,7	2,216	142,0	0,00	2,231	6,20	100,7
002	30/09/2016	B. BRITA GRADUADA	pista e	4+200	0.15															7,8	2,196			2,209	6,60	100,6
002	30/09/2016	B. BRITA GRADUADA	pista e	4+280	0.15															7,8	2,196			2,226	7,00	101,4
002	30/09/2016	B. BRITA GRADUADA	pista e	4+340	0.15															7,8	2,196			2,219	6,80	101,0
003	03/10/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	4+200	0.15							22,0	6,3	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	8,1	2,193	135,0	0,00	2,220	7,20	101,2
003	03/10/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	4+270	0.15							22,0	6,3	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	8,1	2,193	135,0	0,00	2,211	7,00	100,8
003	03/10/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	4+350	0.15							22,0	6,3	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	8,1	2,193	135,0	0,00	2,204	7,60	100,5
004	10/10/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	4+400	0.15															7,4	2,216			2,265	6,60	102,2
004	10/10/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	4+500	0.15							25,7	8,4	NL	NP	0,0%	0,00			7,4	2,216	137,0	0,00	2,234	7,00	100,8
004	10/10/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	4+600	0.15															6,8	2,229			2,247	6,00	100,8

Continua

Conclusão

OBRA: 1				TRECHO:										SUBTRECHO:				CONTRATO:									
MEDIÇÃO:				PERÍODO:										EMPRESA:				CONSULTORIA:									
N° REG	DATA	CAMADA	LADO	ESTACA ENSAIO	ESP. (m)	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% PASSANDO)							ÍNDICES FÍSICOS				EA (%)	HRB	LABORATÓRIO				CAMPO				
						2"	1"	3/4"	3/8"	4"	10"	40"	200"	LL (%)	LP(%)	IP			IG	hot (%)	γS máx (kg/m³)	I.S.C (%)	EXP (%)	γS in situ	h in situ (%)	GC (%)	
005	11/10/2016	B. BRITA GRADUADA	pista e	4+440	0,15							24,6	8,0	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,8	2,229	132,0	0,00	2,256	6,20	101,2	
005	11/10/2016	B. BRITA GRADUADA	pista e	4+500	0,15																6,8	2,229			2,246	6,00	100,8
005	11/10/2016	B. BRITA GRADUADA	pista e	4+600	0,15									NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,8	2,229			2,256	6,00	101,2	
002	31/10/2016	B. BRITA GRADUADA	pista e	4+360	0,15							26,3	8,6	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,6	2,234	130,0	0,00	2,278	5,80	102,0	
002	31/10/2016	B. BRITA GRADUADA	pista e	4+400	0,15							26,3	8,6	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,6	2,234	130,0	0,00	2,275	5,00	101,8	
002	31/10/2016	B. BRITA GRADUADA	pista e	4+460	0,15							26,3	8,6	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,6	2,234	130,0	0,00	2,247	5,20	100,6	
003	01/11/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	4+360	0,15															5,8	2,271			2,287	5,00	100,7	
003	01/11/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	4+440	0,15															5,8	2,271			2,308	5,60	101,6	
004	03/11/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	4+500	0,15							24,3	6,8	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,3	2,202	136,0	0,00	2,219	6,40	100,8	
004	03/11/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	4+560	0,15							24,3	6,8	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,3	2,202	136,0	0,00	2,230	5,90	101,3	
004	03/11/2016	B. BRITA GRADUADA	pista d	4+600	0,15							24,3	6,8	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	7,3	2,202	136,0	0,00	2,243	6,40	101,9	
005	10/11/2016	B. BRITA GRADUADA	alça 1	4+560	0,15							26,4	8,5	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,6	2,232	186,0	0,00	2,265	6,00	101,5	
005	10/11/2016	B. BRITA GRADUADA	alça 2	4+580	0,15							26,4	8,5	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,6	2,232	186,0	0,00	2,248	6,00	100,7	
006	11/11/2016	B. BRITA GRADUADA	pista e	6+460	0,15															6,8	2,254			2,278	6,00	101,1	
006	11/11/2016	B. BRITA GRADUADA	pista e	6+540	0,15															6,8	2,254			2,265	5,80	100,5	
006	11/11/2016	B. BRITA GRADUADA	pista e	6+620	0,15															6,8	2,254			2,281	6,20	101,2	
001	22/11/2016	B. BRITA GRADUADA	E	5+620	0,15							26,0	8,1	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	133,0	0,00	2,248	6,00	100,6	
001	22/11/2016	B. BRITA GRADUADA	E	5+700	0,15							26,0	8,1	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	133,0	0,00	2,267	6,20	101,4	
002	23/11/2016	B. BRITA GRADUADA	D	5+640	0,15															6,4	2,235			2,278	5,80	101,9	
002	23/11/2016	B. BRITA GRADUADA	D	5+720	0,15															6,4	2,235			2,239	6,00	100,2	
003	25/11/2016	B. BRITA GRADUADA	E	6+780	0,15							25,0	9,6	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	140,0	0,00	2,265	5,60	101,8	
003	25/11/2016	B. BRITA GRADUADA	E	6+840	0,15							25,0	9,6	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	140,0	0,00	2,290	6,00	102,5	
004	28/11/2016	B. BRITA GRADUADA	D	6+760	0,15															6,4	2,235			2,273	6,00	101,7	
004	28/11/2016	B. BRITA GRADUADA	D	6+860	0,15															6,4	2,235			2,284	6,20	102,2	
001	07/02/2017	B. BRITA GRADUADA	D	6+760	0,15							20,8	7,6	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	112,0	0,00	2,254	6,00	100,9	
001	07/02/2017	B. BRITA GRADUADA	D	6+840	0,15							20,8	7,6	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	112,0	0,00	2,241	6,20	100,3	
001	07/02/2017	B. BRITA GRADUADA	D	6+880	0,15							20,8	7,6	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	112,0	0,00	2,267	6,00	101,4	
002	09/02/2017	B. BRITA GRADUADA	E	6+800	0,15							22,1	7,4	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	118,0	0,00	2,261	6,40	101,2	
002	09/02/2017	B. BRITA GRADUADA	E	6+800	0,15							22,1	7,4	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	118,0	0,00	2,244	6,20	100,4	
002	09/02/2017	B. BRITA GRADUADA	E	6+800	0,15							22,1	7,4	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	118,0	0,00	2,257	6,00	101,0	
001	23/02/2017	B. BRITA GRADUADA	D	6+260	0,15							20,6	9,7	NL	NP	0,0%	0,00			6,4	2,235	126,0		2,267	6,00	101,4	
001	23/02/2017	B. BRITA GRADUADA	X	6+350	0,15															6,4	2,235			2,241	6,20	100,3	
001	06/04/2017	B. BRITA GRADUADA	E	5+900	0,15							20,8	7,6	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	112,00	0,00	2,245	6,00	100,4	

Continua

Conclusão

OBRA: 1				TRECHO:											SUBTRECHO:						CONTRATO:						
MEDIÇÃO:				PERÍODO:											EMPRESA:						CONSULTORIA:						
N° REG	DATA	CAMADA	LADO	ESTACA ENSAIO	ESP. (m)	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% PASSANDO)								ÍNDICES FÍSICOS				EA (%)	HRB	LABORATÓRIO				CAMPO			
						2"	1"	3/4"	3/8"	4"	10"	40"	200"	LL (%)	LP(%)	IP	IG			hot (%)	γS máx (kg/m³)	I.S.C (%)	EXP (%)	γS in situ	h in situ (%)	GC (%)	
002	06/04/2017	B. BRITA GRADUADA	E	6+000	0.15																6,4	2,235			2,258	6,20	101,0
003	06/04/2017	B. BRITA GRADUADA	E	6+100	0.15							20,8	7,6	NL	NP	0,0%	0,00			A-1a	6,4	2,235	112,00	0,00	2,298	6,00	102,8
004	06/04/2017	B. BRITA GRADUADA	E	6+200	0.15																6,4	2,235			2,251	6,40	100,7
005	07/04/2017	B. BRITA GRADUADA	D	5+920	0.15																6,4	2,235			2,273	6,20	101,7
006	07/04/2017	B. BRITA GRADUADA	D	6+020	0.15							22,1	7,4	NL	NP	0,0%	0,00			A-1a	6,4	2,235	118,00	0,00	2,266	6,00	101,4
007	07/04/2017	B. BRITA GRADUADA	D	6+100	0.15																6,4	2,235			2,247	6,40	100,5
008	07/04/2017	B. BRITA GRADUADA	D	6+200	0.15							21,2	7,2	NL	NP	0,0%	0,00			A-1a	6,4	2,235	108,00	0,00	2,256	6,20	100,9
009	07/04/2017	B. BRITA GRADUADA	E	7+800	0.15																6,4	2,235			2,242	6,00	100,3
010	07/04/2017	B. BRITA GRADUADA	E	7+900	0.15																6,4	2,235			2,239	6,20	100,2
011	10/04/2017	B. BRITA GRADUADA	E	8+000	0.15							22,0	7,3	NL	NP	0,0%	0,00			A-1a	6,4	2,235	114,00	0,00	2,260	6,00	101,1
012	10/04/2017	B. BRITA GRADUADA	E	8+100	0.15																6,4	2,235			2,257	6,40	101,0
013	10/04/2017	B. BRITA GRADUADA	E	8+200	0.15																6,4	2,235			2,248	6,40	100,6
014	11/04/2017	B. BRITA GRADUADA	D	7+820	0.15							21,7	7,9	NL	NP	0,0%	0,00			A-1a	6,4	2,235	116,00	0,00	2,260	6,00	101,1
015	11/04/2017	B. BRITA GRADUADA	D	7+900	0.15																6,4	2,235			2,244	6,20	100,4
016	11/04/2017	B. BRITA GRADUADA	D	8+020	0.15																6,4	2,235			2,263	6,20	101,3
017	11/04/2017	B. BRITA GRADUADA	D	8+100	0.15							21,3	7,3	NL	NP	0,0%	0,00			A-1a	6,4	2,235	118,00	0,00	2,238	6,00	100,1
018	11/04/2017	B. BRITA GRADUADA	D	8+180	0.15																6,4	2,235			2,249	6,00	100,6
001	08/05/2017	B. BRITA GRADUADA	D	9+950	0.15							17,7	5,6	NL	NP	0,0%	0,00			A-1a	6,4	2,235	115,0	0,00	2,245	6,00	100,4
001	08/05/2017	B. BRITA GRADUADA	D	10+100	0.15							17,7	5,6	NL	NP	0,0%	0,00			A-1a	6,4	2,235	115,0	0,00	2,278	6,00	101,9
002	09/05/2017	B. BRITA GRADUADA	E	9+940	0.15							17,2	6,0	NL	NP	0,0%	0,00			A-1a	6,4	2,235	118,0	0,00	2,287	6,20	102,3
002	09/05/2017	B. BRITA GRADUADA	E	10+080	0.15							17,2	6,0	NL	NP	0,0%	0,00			A-1a	6,4	2,235	118,0	0,00	2,279	6,40	102,0
003	11/05/2017	B. BRITA GRADUADA	D	10+130	0.15							18,0	5,5	NL	NP	0,0%	0,00			A-1a	6,4	2,235	106,0	0,00	2,298	6,00	102,8
003	11/05/2017	B. BRITA GRADUADA	D	10+220	0.15							18,0	5,5	NL	NP	0,0%	0,00			A-1a	6,4	2,235	106,0	0,00	2,284	6,20	102,2
001	01/06/2017	B. BRITA GRADUADA	E	9+980	0.15																6,4	2,235			2,254	6,00	100,9
002	01/06/2017	B. BRITA GRADUADA	E	10+100	0.15							17,7	5,6	NL	NP	0,0%	0,00			A-1a	6,4	2,235	186,00	0,00	2,267	6,10	101,4
003	01/06/2017	B. BRITA GRADUADA	E	10+200	0.15																6,4	2,235			2,248	6,10	100,6
004	02/06/2017	B. BRITA GRADUADA	E	10+300	0.15							24,8	9,4	NL	NP	0,0%	0,00			A-1a	6,4	2,235	139,00	0,00	2,287	6,20	102,3
005	02/06/2017	B. BRITA GRADUADA	E	10+400	0.15																6,4	2,235			2,273	6,00	101,7
006	02/06/2017	B. BRITA GRADUADA	E	10+460	0.15																6,4	2,235			2,279	6,10	102,0
007	05/06/2017	B. BRITA GRADUADA	D	9+980	0.15																6,4	2,235			2,299	6,30	102,9
008	05/06/2017	B. BRITA GRADUADA	D	10+100	0.15							24,3	7,4	NL	NP	0,0%	0,00			A-1a	6,4	2,235	137,00	0,00	2,280	6,20	102,0
009	05/06/2017	B. BRITA GRADUADA	D	10+200	0.15																6,4	2,235			2,254	6,00	100,9
010	06/06/2017	B. BRITA GRADUADA	D	10+300	0.15																6,4	2,235			2,239	6,00	100,2

Continua

Conclusão

OBRA: 1				TRECHO:										SUBTRECHO:				CONTRATO:								
MEDIÇÃO:				PERÍODO:										EMPRESA:				CONSULTORIA:								
N° REG	DATA	CAMADA	LADO	ESTACA ENSAIO	ESP. (m)	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% PASSANDO)								ÍNDICES FÍSICOS				EA (%)	HRB	LABORATÓRIO			CAMPO			
						2"	1"	3/4"	3/8"	4"	10"	40"	200"	LL (%)	LP(%)	IP	IG			hot (%)	γS máx (kg/m³)	I.S.C (%)	EXP (%)	γS in situ	h in situ (%)	GC (%)
011	06/06/2017	B. BRITA GRADUADA	D	10+400	0.15							23,0	7,6	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	149,00	0,00	2,246	6,20	100,5
012	06/06/2017	B. BRITA GRADUADA	D	10+480	0.15									NL	NP	0,0%	0,00			6,4	2,235			2,266	6,20	101,4
001	07/07/2017	B. BRITA GRADUADA	E	7+860	0.15															6,4	2,235			2,247	6,00	100,5
001	07/07/2017	B. BRITA GRADUADA	E	7+980	0.15															6,4	2,235			2,251	6,20	100,7
002	07/07/2017	B. BRITA GRADUADA	E	8+060	0.15							18,5	6,4	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	129,00	0,00	2,239	6,40	100,2
002	07/07/2017	B. BRITA GRADUADA	E	8+120	0.15							18,5	6,4	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	129,00	0,00	2,278	6,00	101,9
003	07/07/2017	B. BRITA GRADUADA	E	8+180	0.15															6,4	2,235			2,258	6,20	101,0
004	12/07/2017	B. BRITA GRADUADA	E	7+820	0.15															6,4	2,235			2,264	6,00	101,3
004	12/07/2017	B. BRITA GRADUADA	D	7+980	0.15							21,7	9,3	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	176,00	0,00	2,250	6,20	102,2
005	12/07/2017	B. BRITA GRADUADA	D	8+040	0.15							21,7	9,3	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	176,00	0,00	2,241	6,00	100,3
005	12/07/2017	B. BRITA GRADUADA	D	8+110	0.15															6,4	2,235			2,259	6,00	101,1
006	12/07/2017	B. BRITA GRADUADA	D	8+200	0.15															6,4	2,235			2,273	6,40	101,7
001	29/07/2017	B. BRITA GRADUADA	P.E	7+900	0.15															6,4	2,235			2,267	6,00	101,4
002	29/07/2017	B. BRITA GRADUADA	P.E	7+980	0.15							18,9	6,4	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	131,00	0,00	2,281	6,00	102,1
003	31/07/2017	B. BRITA GRADUADA	P.D	7+920	0.15															6,4	2,235			2,245	6,20	100,4
004	31/07/2017	B. BRITA GRADUADA	P.D	7+960	0.15							16,8	5,7	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	140,00	0,00	2,256	6,20	100,9
007	02/08/2017	B. BRITA GRADUADA	retorno	10+460	0.15							15,5	7,2	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	137,00	0,00	2,266	6,00	101,4
005	02/08/2017	B. BRITA GRADUADA	P.E	10+500	0.15															6,4	2,235			2,259	6,00	101,1
006	02/08/2017	B. BRITA GRADUADA	P.E	10+620	0.15							20,4	7,0	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	142,00	0,00	2,241	6,40	100,3
008	03/08/2017	B. BRITA GRADUADA	P.D	10+510	0.15															6,4	2,235			2,239	6,00	100,2
009	03/08/2017	B. BRITA GRADUADA	P.D	10+620	0.15							17,8	7,1	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	146,00	0,00	2,277	6,20	101,9
010	04/08/2017	B. BRITA GRADUADA	P.E	11+200	0.15															6,4	2,235			2,255	6,00	100,9
011	04/08/2017	B. BRITA GRADUADA	P.E	11+340	0.15							20,5	9,1	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	147,00	0,00	2,261	6,00	101,2
012	05/08/2017	B. BRITA GRADUADA	P.D	11+200	0.15															6,4	2,235			2,278	6,00	101,9
013	05/08/2017	B. BRITA GRADUADA	P.D	11+360	0.15							18,2	6,1	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	138,00	0,00	2,249	6,00	100,6
001	01/09/2017	B. BRITA GRADUADA	P.D	11+400	0.15							16,2	5,8	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	157,00	0,00	2,277	6,00	101,9
002	01/09/2017	B. BRITA GRADUADA	P.D	11+500	0.15															6,4	2,235			2,281	6,00	102,1
003	02/09/2017	B. BRITA GRADUADA	P.D	11+600	0.15															6,4	2,235			2,255	6,20	100,9
004	02/09/2017	B. BRITA GRADUADA	P.D	11+650	0.15							20,7	7,5	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	176,00	0,00	2,280	6,00	102,0
005	04/09/2017	B. BRITA GRADUADA	P.E	11+400	0.15							24,4	8,1	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	160,00	0,00	2,266	6,20	101,4
006	04/09/2017	B. BRITA GRADUADA	P.E	11+500	0.15															6,4	2,235			2,256	6,20	100,9
007	04/09/2017	B. BRITA GRADUADA	P.E	11+600	0.15							21,5	7,5	NL	NP					6,4	2,235			2,280	6,00	102,0
008	04/09/2017	B. BRITA GRADUADA	P.E	11+650	0.15									NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	162,00	0,00	2,249	6,00	100,6

Continua

Conclusão

OBRA: 1				TRECHO:											SUBTRECHO:				CONTRATO:								
MEDIÇÃO:				PERÍODO:											EMPRESA:				CONSULTORIA:								
N° REG	DATA	CAMADA	LADO	ESTACA ENSAIO	ESP. (m)	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% PASSANDO)								ÍNDICES FÍSICOS				EA (%)	HRB	LABORATÓRIO			CAMPO				
						2"	1"	3/4"	3/8"	4"	10"	40"	200"	LL (%)	LP(%)	IP	IG			hot (%)	γs máx (kg/m³)	I.S.C (%)	EXP (%)	γs in situ	h in situ (%)	GC (%)	
001	29/09/2017	b. brita graduada p.	X	11+650	0.15							17,4	7,2	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	221,00	0,00	2,245	6,20	100,4	
002	29/09/2017	b. brita graduada p.	E	11+720	0.15																6,4	2,235			2,276	6,00	101,8
003	05/10/2017	b. brita graduada p.	X	11+800	0.15							23,4	10,5	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	167,00	0,00	2,254	6,00	100,9	
004	05/10/2017	b. brita graduada p.	D	11+860	0.15																6,4	2,235			2,259	6,40	101,1
005	06/10/2017	b. brita graduada p.	X	11+650	0.15							21,6	8,0	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	144,00	0,00	2,268	6,00	101,5	
006	06/10/2017	b. brita graduada p.	E	11+740	0.15																6,4	2,235			2,283	6,00	102,1
007	06/10/2017	b. brita graduada p.	X	11+860	0.15							20,8	9,5	NL	NP	0,0%	0,00		A-1a	6,4	2,235	122,00	0,00	2,255	6,20	100,9	
008	06/10/2017	b. brita graduada p.	D	11+860	0.15																6,4	2,235			2,264	6,20	101,3