



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JULIANA MIRELLE PEREIRA DE ARRUDA

**GERENCIAMENTO DA QUALIDADE: UM ESTUDO DE
CASO DA SUPERVISÃO DO CINTURÃO DE ÁGUAS DO
CEARÁ**

RECIFE

2017

JULIANA MIRELLE PEREIRA DE ARRUDA

Gerenciamento da Qualidade: Um Estudo de caso da Supervisão do Cinturão de Águas do Ceará

Monografia apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção de grau de Engenheiro Civil.

Área de concentração: Engenharia Civil

Orientador: Prof. FERNANDO JORDÃO DE VASCONCELOS

RECIFE

2017

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

A433g Arruda, Juliana Mirelle Pereira de.
Gerenciamento da qualidade: um estudo de caso da supervisão do
Cinturão de Águas do Ceará / Juliana Mirelle Pereira de Arruda. - 2017.
57f., il., figs., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Fernando Jordão de Vasconcelos.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Engenharia Civil, 2017.
Inclui Referências e Anexos.

1. Engenharia Civil. 2. Projetos. 3. Gerenciamento. 4. Controle. 5.
Gerenciamento. 6. Compactação de aterro. 7. Rastreabilidade
I. Vasconcelos, Fernando Jordão (Orientador): II.Título.

624 CDD (22.ed)

UFPE/BCTG-2017/ 249



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL

CANDIDATO(S): Juliana Mirelle Pereira de Arruda

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: Fernando Jordão de Vasconcelos

Examinador 1: Maurício Renato Pina Moreira

Examinador 2: Lorena Brenda de Oliveira

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Gerenciamento da Qualidade: um estudo de caso da supervisão do Cinturão de Águas do Ceará

LOCAL: Sala 120

DATA: 18/07/2017 HORÁRIO DE INÍCIO: 14:30.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA: _____ (deixar 'Exame Final', quando for o caso).

1) () aprovado(s) (nota $\geq 7,0$), pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).

O trabalho com nota no seguinte intervalo, **$3,0 \leq \text{nota} < 7,0$** , será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado **aprovado com exame final**.

2) () reprovado(s). (nota $< 3,0$)

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, 18 de Julho de 2017

Orientador:
Avaliador 1:
Avaliador 2:
Candidato 1:

Dedicatória

Aos meus pais Maria José e José Naildo,

Meus grandes exemplos de vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora por sempre se fazerem presente e iluminar meu caminho.

Aos meus pais, por fazerem parte de mais essa conquista, me incentivando e apoiando todos os dias.

Ao meu orientador, Prof. Fernando Jordão de Vasconcelos, pela solicitude e atenção.

A minha supervisora Andrezza Cantilino por sempre me apoiar no caminho do Gerenciamento de Projetos e a minha colega de trabalho, Lorena Oliveira, por todo suporte e disponibilidade nesse projeto.

Além dos familiares e amigos que estiveram ao meu lado nessa jornada.

ARRUDA, J.M.P (2017). Gerenciamento da Qualidade: um estudo de caso da supervisão do Cinturão de Águas do Ceará. Trabalho de Conclusão do Curso, graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (DECIV), Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife / PE.

RESUMO

Ao analisar a estrutura empresarial atual, observa-se que o aumento da competitividade entre as organizações acabam incentivando a busca por maior uma maior qualidade dos produtos das mesmas. Com base nos princípios e fundamentos de gerenciamento de projetos, mais especificamente, no gerenciamento da qualidade, se consiga revisar o controle de qualidade na área de abrangência da compactação de aterro da obra do Cinturão de Águas do Ceará. Espera-se dessa forma, rastrear todo o processo de compactação, desde a origem do solo, até a utilização do mesmo nos trechos das obras, sempre atendendo as especificações técnicas e de projeto da obra, garantindo o gerenciamento da qualidade da obra.

Palavras-chave: Projetos. Gerenciamento. Controle. Qualidade. Compactação de Aterro. Rastreabilidade.

ARRUDA, J.M.P (2017). Gerenciamento da Qualidade: um estudo de caso da supervisão do Cinturão de Águas do Ceará. Trabalho de Conclusão do Curso, graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (DECIV), Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife / PE.

ABSTRACT

By analyzing the current business structure, it is observed that increased competition between organizations end up encouraging the search for greater a higher quality of the same products. Based on the principles and fundamentals of the project management, more specifically, in quality management, it is possible to review quality control in the soil compaction at the Cinturão de Águas do Ceará works. It is hoped, therefore, to trace the whole compacting process, from the origin of the soil, to the use of the same in the stretches of the works, always meeting the technical specifications and detailed design, ensuring the quality management of the work.

Keywords: Project Management. Control. Quality. Soil compaction. traceability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Características dos projetos.....	15
Figura 2: Elementos dos Processos do Gerenciamento	16
Figura 3: Integração dos cinco grupos de processos	17
Figura 4: As 10 áreas do conhecimento.....	18
Figura 5: Estado do Ceará	27
Figura 6: População, taxa de alfabetização e rendimento	28
Figura 7: Localização do CAC – Cinturão de Águas do Ceará.....	30
Figura 8: Obra de canal, no trecho 1, do Cinturão de Águas do Ceará.....	31
Figura 9: Obra do Túnel Veneza, no trecho I, do Cinturão de Águas do Ceará.....	32
Figura 10: Colocação da manta de impermeabilização no CAC.....	35
Figura 11: Exemplo da Ficha de controle de qualidade – Proctor Normal	39
Figura 12: Trecho da Ficha de compactação de aterro - Proctor Normal de uma amostra de solo da Jazida Verde 1	40
Figura 13: Trecho da Ficha de Granulometria de uma amostra de solo da Jazida Verde 1	41
Figura 14: Trecho da Ficha de determinação do limite de plasticidade e liquidez de uma amostra de solo da Jazida Verde 1.....	43
Figura 15: Trecho Ficha de determinação do índice de suporte califórnia (CBR) de uma amostra de solo da Jazida Verde 1	44
Figura 16: Trecho da ficha de aceitação de densidade in situ	45
Figura 17: Trecho da ficha de Controle de Processo de Compactação de Aterro	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Associação entre os processos da qualidade e os processos do projeto	21
Tabela 2: Faixa de Desenvolvimento Humano - IDHM.....	28
Tabela 3: Formas de Abastecimento de Água	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Justificativa e motivação	11
1.2	Objetivos gerais e específicos	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Gerenciamento de projetos	13
2.1.1	Histórico do Gerenciamento de Projetos	13
2.1.2	Conceito de Projetos	14
2.1.3	Processos de Gerenciamento de Projetos.....	15
2.1.4	Áreas de Conhecimento	17
3	MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1	Contexto da Obra	27
3.2	Análise das Entradas do Produto	32
3.2.1	Documentos Contratuais	32
3.2.2	Documentos da Supervisão.....	33
3.2.3	Documentos Relevantes.....	34
3.3	Definição dos Itens Críticos	34
3.4	Identificação das especificações e normas	36
3.5	Revisão do Plano de Controle de Qualidade	38
3.5.1	Caracterização do Solo	38
3.5.2	Análises realizadas in situ	44
4	RESULTADOS	46
5	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS	49
	ANEXO A – FICHA DE LABORATÓRIO	50
	ANEXO B – FICHA <i>IN SITU</i>	56

1. INTRODUÇÃO

1.1. Justificativa e motivação

O atual ciclo de crises que o país vive, iniciado no segundo trimestre de 2014, vem contraindo a economia brasileira atingindo, assim, diversos ramos, inclusive, a engenharia civil.

Em raciocínio contrário, a competitividade entre as empresas cresce ocasionada pela queda de oportunidades nessa fase, tornando-se necessário um maior investimento em dois pontos importantes da construção civil: a qualidade dos produtos e a produtividade.

O caminho de atingir a produtividade sem perder a qualidade dos produtos está diretamente relacionado com os fatores: tempo e custo, concomitantemente, com o trabalho de profissionais qualificados.

Segundo JUGDEV e MILLER (2005), na corrida para criar valor nos negócios, as empresas estão utilizando gerenciamento de projetos para ajudá-las a sair das posições de desvantagem ou paridade competitiva.

Nestas circunstâncias a gestão da qualidade na construção civil, que antes já era importante, se tornou ainda mais essencial para as empresas que desejem gerar resultados satisfatórios e se manterem competitivas, tanto do ponto de vista operacional, como financeiro.

Assim, o principal objetivo do gerenciamento de projetos é garantir a conclusão de todos os requisitos do produto com a qualidade desejada, tirando o máximo proveito dessas. Segundo KELLING (2002), a diferença entre a empresa comum e a que obtém excelência no gerenciamento de projetos consiste no modo pelo qual as etapas de crescimento e maturidade do ciclo de vida da gestão de projetos são implementadas.

O que se propõe com esse trabalho é que, com base nos conhecimentos em gerenciamento de projeto e na construção civil, se consiga revisar e fundamentar a importância da gestão de qualidade na supervisão do Cinturão das Águas do Ceará – CAC, como é o caso específico de uma obra com 1.300km de extensão tanto pela importância social quanto econômico da obra no nordeste brasileiro.

Os resultados esperados serão de utilidade não somente no âmbito desse produto, mas para que outros com características semelhantes se utilize dessa gestão de qualidade. Assim, serão apresentados os processos de aprimoramentos e revisão da gestão visando à melhoria e

eficiência da supervisão, de forma que a empresa se mantenha em seu grau de competitividade diante do intenso dinamismo que caracteriza o mercado atual.

1.2. Objetivos gerais e específicos

A gestão de qualidade da obra em questão tem por objetivo analisar o processo de compactação de aterro e aperfeiçoar o plano de qualidade dessa área.

A primeira etapa consiste em examinar a obra do “Cinturão das Águas do Ceará” baseado na sua importância social e econômica. Sabendo-se da área de abrangência da mesma, é possível identificar os riscos eminentes aos trabalhadores e consumidores, durante e após a construção. Por último, será feita a análise dos riscos identificados e a correlação destes com as especificações das normas previamente estabelecidas.

Depois de toda investigação e estudo, há uma revisão do plano de qualidade de compactação de aterro dessa obra, juntamente com a equipe técnica e com auxílio do orientador Fernando Jordão, baseando-se em princípios de gestão e nas normas técnicas específicas.

Uma das principais preocupações que permeará a fase revisão do plano de qualidade será a simplicidade do plano ser colocado em prática dentro do processo de construção.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Gerenciamento de projetos

2.1.1. Histórico do Gerenciamento de Projetos

Os projetos vem sendo realizados desde o início das civilizações, pois quando há uma necessidade do ser humano por: eficiência, organização e planejamento para alcançar objetivos específicos, pode ser considerado um projeto. Nessa época, a maioria dos projetos estava relacionada com grandes construções indicando poder, como: as pirâmides do Egito, o Coliseu e a Muralha da China.

No século XIX com a Revolução Industrial, houve o crescimento da complexidade das relações de produção, que trouxe a urgência dos gestores de organizar as atividades dos milhares de trabalhadores, a extensa linha de produção e a grande quantidade de matéria prima, o que conduziu a uma maior dificuldade para gerir os sistemas de produção.

Nessa realidade, começaram-se os estudos de como melhorar a organização e administração das atividades da linha de produção. Frederick Taylor foi um dos primeiros estudiosos desse ramo, mostrando que o trabalho poderia ser separado em partes. Outro estudioso da época foi Henry Gantt, que priorizou a ordem das operações no processo de construção de navios durante a Primeira Guerra Mundial.

Nas décadas seguintes, ocorreram grandes mudanças no âmbito do gerenciamento de projetos, com a implantação de novos métodos e ferramentas, como: o diagrama de rede, chamado de gráfico de *Pert* (*program evaluation and review technique*), que nada mais é, que o cálculo a partir da média ponderada de 3 durações possíveis de uma atividade (otimista, mais provável e pessimista), o método de caminho crítico (*critical path method – CPM*), método de apuração do caminho crítico dada uma sequência de atividades, isto é, quais atividades de uma sequência não podem sofrer alteração de duração sem que isso reflita na duração total do projeto.

A partir dessa época, muitas foram as transformações no âmbito de gerenciamento de projetos por causa das inovações tecnológicas, das exigências dos clientes e da gigante gama de informações provinda da globalização. Serão abordados a seguir modelos nessa área e muito deles são utilizados ainda hoje.

Em 1947, em Genebra, a expressão ISO - *International Organization for Standardization* foi tomando forma, com o objetivo de promover a normatização de produtos e serviços para que a qualidade dos mesmos seja permanentemente melhorada. Hoje, o ISO

9000 significa um grupo de normas técnicas que estabelecem um modelo de gestão da qualidade para organizações em geral, qualquer que seja o seu tipo ou dimensão.

Em 1969, durante a Guerra Fria e a corrida espacial, 5 profissionais se reuniram para debater o que confiavam ser as melhores práticas de gerenciamento de projetos. Dessa reunião surge o *Project Management Institute* – PMI, hoje a maior instituição internacional dedicada à disseminação do conhecimento e aprimoramento das atividades de gestão profissional de projetos, atualmente, está presente em quase todos os países do mundo.

Em 1989, foi desenvolvido o PRINCE2 pela CCTA – *Central Computer and Telecommunications Agency*, que agora faz parte do OGC – *Office of Government Commerce*. O PRINCE2 foi utilizado como um padrão para gerenciamento de projetos especialmente no Reino Unido. Atualmente, o PRINCE2 aborda o gerenciamento de projeto com quatro elementos integrados: princípios, temas, processos e ambiente do projeto. Além disso, foca-se no controle de seis objetivos principais do projeto: escopo, tempo, custo, qualidade, riscos e benefícios.

Já em 1993 surge a incorporação de um novo estilo de gerenciamento de projetos, principalmente no desenvolvimento de software, SCRUM - frameworks baseado em empresas de fabricação de automóveis e produtos de consumo. O SCRUM é um framework dentro do qual as pessoas podem tratar e resolver problemas complexos e adaptativos, enquanto produtiva e criativamente entregam produtos com o mais alto valor possível, priorizando encontrar a rota durante o caminho e assim achar a melhor direção.

Este presente trabalho será baseado nas melhores práticas de gerenciamento da quinta edição do PMBOK - *Project Management Body of Knowledge*, criado pelo instituto PMI, já mencionado anteriormente nesse contexto histórico.

2.1.2. Conceito de Projetos

Atualmente, na literatura existente há alguns conceitos de projeto, segundo KERZNER (2002), “trata-se um empreendimento com objetivo identificável, que consome recurso e opera sob pressões de prazos, custos e qualidade”.

Já para a ABNT (2000:2), é “processo único, consistindo em um grupo de atividades coordenadas e controladas com datas para início e término, empreendido para alcance de um objetivo conforme requisitos específicos, incluindo limitações de tempo, custo e recurso”.

Através desses conceitos, pode-se observar que é possível notar características intrínsecas ao projeto: temporários, entregas específicas e uma forma progressiva.

No tocante da temporariedade, nota-se que o projeto possui datas previstas para iniciar e terminar, ou seja, com duração finita. O fato de ser temporário, não significa que o mesmo possui curta duração.

Já sobre a singularidade, os projetos possuem um conjunto de produtos, serviços ou resultados que o fazem único e importante a sua realização.

Por último, observa-se a progressividade, ou seja, elaborar um produto de forma gradativa, em etapas e por incrementos. As atividades referentes ao mesmo são realizadas paulatinamente de forma refinada e detalha.

Figura 1: Características dos projetos



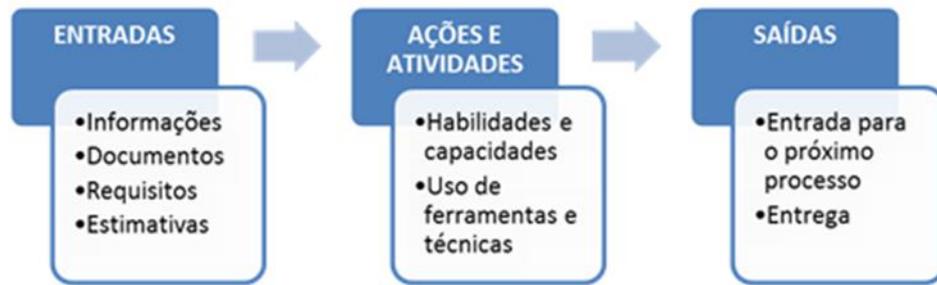
Fonte 1: Baseado em PMI (2013a)

2.1.3. Processos de Gerenciamento de Projetos

O gerenciamento de projetos acontece por meio de processos que se relacionam de diferentes formas e asseguram o fluxo eficaz do mesmo. Esses processos são agrupados em cinco categorias de acordo com a quinta edição do guia PMBOK (PMI, 2013a).

Cada grupo de processo é produzido por um conjunto de atividades relacionadas de forma dinâmica que operam sobre entradas específicas, objetivando saídas também específicas.

Figura 2: Elementos dos Processos do Gerenciamento



Fonte 2: Baseado em PMI (2013a)

Os cinco grupos de processos de acordo com o guia PMBOK são: Iniciação, Planejamento, Execução, Monitoramento e Controle e Encerramento.

- Iniciação: é o processo responsável pelo início propriamente dito do projeto, definindo os objetivos específicos e o escopo. Nessa etapa ocorre a elaboração do termo de abertura do projeto, documento que autoriza formalmente a abertura do mesmo;
- Planejamento: Define o que deve ser feito e como deve ser feito, através da confirmação do escopo e da elaboração do plano de gerenciamento do projeto. Quanto maior o esforço nesse processo, maior a facilidade para seguir os outros processos.

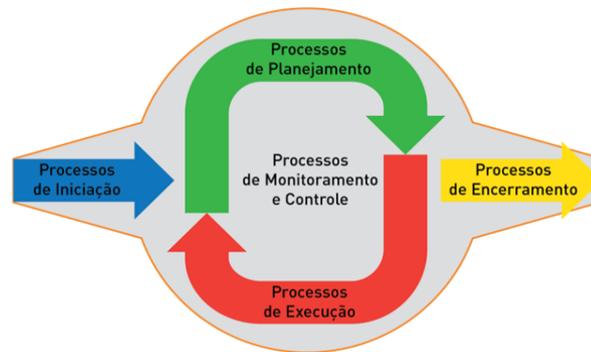
Segundo CLELAND e IRELAND (2002),

“planejamento é o processo de análise e explicação dos objetivos, metas e estratégias necessários para que o projeto, durante seu ciclo de vida, possa alcançar plenamente seus objetivos de custo, cronograma e desempenho técnico”.

- Execução: as entregas começam a ser realizadas de acordo com o plano de gerenciamento do projeto realizado no processo anterior;
- Monitoramento e Controle: realiza-se o acompanhamento e revisão constante do que está acontecendo, através da conferência dos resultados com o que estava previsto no plano. Nesse momento, também pode ocorrer a revisão do processo;
- Encerramento: Finalizam-se todas as atividades de todos os grupos de processos, formalizando, assim, o encerramento. Esse é o momento ideal para registrar as lições aprendidas.

Os cinco grupos de processos não são separados, e sim, interligados e sobrepostos durante o ciclo de vida do projeto.

Figura 3: Integração dos cinco grupos de processos



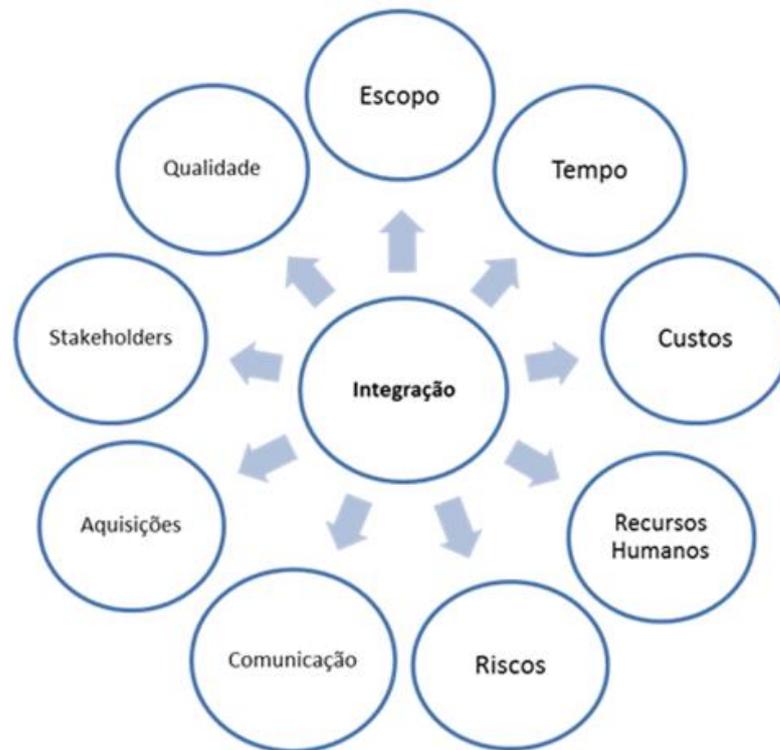
Fonte 3: PMI (2013a)

2.1.4. Áreas de Conhecimento

Os processos detalhados anteriormente, segundo o Guia do PMBOK, podem ser agrupados em 10 áreas de conhecimento, ou seja, é uma partição do conjunto total de trabalho em áreas de conhecimento. Essa separação acontece para facilitar o trabalho do profissional que possui a responsabilidade de gerir uma grande amplitude de temas e técnicas.

É importante observar que essa divisão é conceitual, pois na prática cada processo está interligado com o outro, e em um fluxo constante. Além disso, muitos desses processos poderiam estar classificados em mais de uma área de conhecimento.

Figura 4: As 10 áreas do conhecimento



Fonte 4: PMI (2013a)

- Gerenciamento de Escopo: esta área descreve os processos envolvidos na verificação de todo o trabalho necessário para que seja concluído o projeto com sucesso. Os processos dessa área são: coletar requisitos, definir escopo, criar EAP (estrutura analítica de projeto), verificar o escopo e controlar o mesmo;
- Gerenciamento de Tempo: esta área descreve os processos relativos ao término do projeto no prazo correto. Os processos dessa área são: definir atividades, seqenciá-las, estimar os recursos, estimar as durações, desenvolver o cronograma e controlar o cronograma;
- Gerenciamento de Custo: descreve os processos envolvidos em planejamento, estimativa, orçamentação e controle de custos, de modo que o projeto termine dentro do orçamento aprovado. Os processos dessa área são: estimar custos, determinar o orçamento e controlar o mesmo;
- Gerenciamento de Recursos Humanos: descreve os processos que organizam e gerenciam a equipe do projeto. O processo desta área de conhecimento tem como objetivo determinar os tipos e o perfil dos profissionais, além da hierarquia dos mesmos e quem são os responsáveis por cada parte do projeto. Existe também há

preocupação com o treinamento da equipe além da integração e geração de conhecimento, determinando, assim, como resolver conflitos antes que eles afetem o projeto. Os processos dessa área são: desenvolver o plano de recursos humanos, mobilizar a equipe do projeto, desenvolver a equipe do projeto e gerenciar a mesma;

- Gerenciamento de Riscos: descreve os processos relativos ao gerenciamento de riscos em um projeto. Os processos desta área de conhecimento tem como objetivo determinar riscos, que serão identificados e analisados. Dessa forma, cria-se uma lista de risco identificado, priorizando os mesmos com base no grau de criticidade. Os processos dessa área são: planejar o gerenciamento dos riscos, identificar os mesmos, realizar a análise qualitativa e quantitativa dos riscos, planejando as respostas para monitorar e controla-los;
- Gerenciamento de Comunicação: descrevem os processos relativos à geração, coleta, disseminação, armazenamento e destinação final das informações do projeto de forma oportuna e adequada. Os processos dessa área são: planejar as comunicações, gerenciar as comunicações e controlar/reportar as comunicações.
- Gerenciamento de Aquisições: descreve os processos que compram ou adquirem produtos serviços ou resultados, além dos processos de gerenciamento de contratos. Os processos desta área de conhecimento tem como objetivo determinar o que quer se adquirir, receber as respostas dos fornecedores e selecionar o fornecedor, como se dará o gerenciamento dos contratos, pagamentos, se as entregas estão de acordo com o que foi estabelecido, para o fornecedor e por último formalizar a finalização do contrato. Os processos dessa área são: planejar as aquisições, realizar as aquisições, administrar as aquisições e encerrar as aquisições.
- Gerenciamento de Integração: descreve os processos que integram elementos do gerenciamento de projetos, que são identificados, definidos, combinados, unificados e coordenados dentro dos grupos de processos de gerenciamento de projetos. Os processos dessa área são: desenvolver o termo de abertura do projeto, desenvolver o plano de gerenciamento de projeto, orientar e gerenciar a execução do projeto, monitorar e controlar o trabalho do projeto, realizar o controle integrado de mudanças e encerrar o projeto ou fase.
- Gerenciamento dos Stakeholders (Partes Interessadas): descreve os processos que envolvem as partes interessadas nas decisões e atividades do projeto. Seus principais

processos são: identificar, planejar o gerenciamento, gerenciar o envolvimento e monitorar e controlar as partes interessadas.

- Gerenciamento de Qualidade: esta área descreve os processos envolvidos na garantia de que o projeto irá satisfazer os objetivos para os quais foi realizado. Os processos dessa área de conhecimento determinam padrões ou normas de qualidade que devem ser seguidos durante o projeto, realizam a auditoria da qualidade, ou seja, se o trabalho está sendo seguido conforme foi planejado, tentando impedir um produto ruim, e garantindo que o que está sendo entregue está de acordo com os padrões e normas pré-definidos. Os processos dessa área são: planejar, realizar a garantia e controle da qualidade. Essa área em específica será particularmente mais detalhada posteriormente.

Além dessas 10 áreas do conhecimento sugeridas pelo o Guia PMBOK, também se observa outros temas importante no dia a dia de um projeto, principalmente, no ramo da engenharia civil, que necessitam ser gerenciados e controlados para se obter os resultados esperados no encerramento do projeto, como:

- Segurança: segurança, saúde e conforto das equipes de trabalho, das populações vizinhas e dos transeuntes;
- Meio Ambiente: evitar ou mitigar qualquer impacto negativo ao meio ambiente;
- Legalidade: segurança, medicina e higiene do trabalho; relações trabalhistas, obrigações previdenciárias; exercício profissional, urbanismo e meio ambiente;
- Integralidade: relações justas com a sociedade, governo, clientes, colaboradores, fornecedores e empreendedores.

2.1.4.1. Gerenciamento da Qualidade

Segundo SLACK, HARRISON E JOHNSON (1997), “Fazer algo com qualidade é fazer corretamente o que se pretende do projeto”. É nesse contexto que se insere o gerenciamento da qualidade de acordo com o Guia PMBOK (PMI, 2013) que mostra essa área do conhecimento relacionada com outras dimensões, como: satisfação do cliente, responsabilidade da gerência e melhoria contínua.

Antes de qualquer coisa, é necessário abordar as três premissas apresentadas no Guia do PMBOK para associar qualidade e projeto.

- I. Abordagem proposta pelo o Guia PMBOK (PMI, 2013) está relacionado com a abordagem internacional da gestão da qualidade, descritos e difundidos pela *Internacional Organization for Standardization* (ISO);

- II. O gerenciamento da qualidade do projeto deve está relacionado com o gerenciamento do projeto (de forma certa) e dos produtos do mesmo (entregar a coisa certa);
- III. O gerenciamento da qualidade deve atender a um nível do produto que atenda as expectativas e necessidades do cliente.

No contexto do que se entende por qualidade, há um ponto que precisa ser detalhado e bem compreendido, pois o gerenciamento supõe requisitos, atividades e procedimentos estruturados, ou seja, um trabalho objetivo. Do outro lado, esse mesmo trabalho necessita atender a satisfação das pessoas interessadas, que nem sempre está sobre um aspecto mensurável, métrico ou objetivo. Portanto, o projeto pode ser entendido como um fluxo lógico e objetivo, no entanto, o projeto é passível de várias influências individuais e subjetivas.

A lógica da gestão da qualidade permeia sempre a mistura entre a objetividade e subjetividade que o projeto pode enfrentar durante o ciclo de vida do mesmo.

2.1.4.1.1. Processos de gerenciamento da qualidade

Com base no Guia PMBOK (PMI, 2013), pode-se observar três processos para o gerenciamento da qualidade que se interagem entre si, e também, com os processos do projeto.

- Planejamento do gerenciamento da qualidade: análise e seleção dos padrões de qualidade que vão influenciar o gerenciamento do projeto;
- Realizar a garantia da qualidade: esse processo se assemelha bastante ao processo de execução do projeto, no entanto o da qualidade foca em garantir que as atividades da qualidade estejam feitas como o planejado;
- Controlar a qualidade: Esse processo também está alinhado a um processo do projeto, o processo de controle do projeto. Nesse momento é observado como foi feito e se é preciso algum revisão dessas atividades. Importante destacar também que o controle da qualidade é realizado o tempo todo do projeto.

Na Tabela abaixo mostra o relacionamento entre os processos da qualidade e os processos do projeto.

Tabela 1: Associação entre os processos da qualidade e os processos do projeto

Etapas gerais do gerenciamento do projeto	Processos do gerenciamento da qualidade do projeto
--	---

Iniciação e planejamento	I. Planejar o gerenciamento da qualidade
Execução	II. Realizar a garantia da qualidade
Controle	III. Controlar a qualidade
Encerramento	IV. Resultados

Fonte 5: Adaptado de Guia PMBOK (PMI, 2013)

I. Planejar o gerenciamento da qualidade

O Planejamento da qualidade foca em dois pontos importantes e complementares: os requisitos para um bom desempenho da gestão do projeto e as especificações para o correto cumprimento da qualidade acordada.

Segundo o Guia PMBOK (PMI, 2013), o planejamento da qualidade é o processo de identificação dos padrões ou requisitos de qualidade da gestão e do produto do projeto, além da documentação do modo como o projeto vai demonstrar a sua conformidade aos requisitos de produto e de processo especificados.

Para alcançar os objetivos específicos do projeto, um processo estruturado de planejamento definindo quais as metas é fundamental. No entanto, um bom planejamento sozinho não garantirá a qualidade de um projeto, e sim, aumentará as chances disso acontecer.

Para que isso ocorra, primeiro tem que haver a interpretação corretamente daquilo que o cliente precisa, ou seja, necessidades e desejos, e diante disso desenhar um produto ou processo intangível que possa ser gerenciado eficientemente. Entretanto, para (JURAM, 1997) também é fundamental que a empresa tenha condições operacionais de produzi-los, ou seja, existam processos internos capazes de tornar aquele produto ou serviço viável.

O planejamento da qualidade possui seis passos:

- Estabelecimento das metas de qualidade: as metas de qualidade devem ser claramente estabelecidas para que oriente as estratégias a serem seguidas.
- Identificação dos clientes: Os clientes efetivo e os que podem vir a serem, todos precisam ser reconhecidos e gerenciados.
- Definição das necessidades dos clientes: depois de identificados os clientes, precisa-se ser avaliadas as necessidades dos mesmos e como pode ser maximizada a satisfação dos

mesmos. Para que isso ocorra, alguns fatores são importantes, como: tecnologia empregada, a segurança, facilidade, rapidez e transferência de conhecimento.

- Fornecimento de métricas: os indicadores ou unidades precisam ser claros e bem definidos.
- Desenvolvimento das atividades dos processos: processo de fases ou segmentos nos quais indicam que critérios precisam ser satisfeito. Dessa forma, há o controle da progressão das atividades.
- Desenvolvimento dos instrumentos de controle dos processos: definição das ferramentas utilizadas para controlar o gerenciamento da qualidade.

Desse modo, a qualidade não é um simples resultado a ser alcançado, mas sim uma busca constante e contínua de aperfeiçoamento, sempre considerando a relação custo x benefício dos avanços e progressos.

II. Realizar a garantia da qualidade

Segundo o PMBOK (PMI, 20130), realizar a garantia da qualidade corresponde a um processo de auditoria dos requisitos de qualidade e dos resultados das medições do controle da qualidade para assegurar apropriado uso dos padrões de qualidade e das definições operacionais.

Já para Mulcahy (2005), realizar a garantia da qualidade determina se os padrões estão sendo atingidos, se o trabalho está sendo melhorado continuamente e se suas não conformidades são corrigidas.

Dessa forma, cabe à garantia de qualidade identificar melhorias que a empresa deve empreender para assegurar que os projetos, por ela, definidos sejam capazes de entregar excelência em seus resultados.

Para que isso ocorra, é necessário que existam as entradas (o plano de gerenciamento do projeto e as métricas de qualidade), que foram realizadas no processo anterior.

Com os objetivos e as métricas definidos, há o julgamento quanto ao desempenho do projeto, envolvendo a comparação dos níveis de desempenho atuais com o passado e as perspectivas do futuro. Essas avaliações devem ser realizadas, documentadas e divulgadas de acordo com o que foi definido no plano de gerenciamento.

Ainda sobre como acontece a garantia da qualidade, as ferramentas são os instrumentos principais para atestar as comparações, pois elas são capazes de ilustrar o que há de errado e que pode ser consertado.

Os principais instrumentos são:

- Ferramentas técnicas: histograma, gráfico de controle, diagrama de dispersão e amostragem estatística.
- Auditorias de qualidade: identificação das conformidades do processo com padrões estabelecidos no plano de qualidade do projeto.
- Análise do processo: está relacionado a uma entrega de uma das fases do projeto por o responsável, verificando sempre o que está sendo realizado.

Essas consequências do que foi apresentado pelas ferramentas, podem surgir algumas saídas desse processo, que irá agregar para as lições aprendidas no final e, posteriormente, para a correção dos desvios de processo do projeto e organizacionais. As principais saídas são:

- Mudanças solicitadas: as mudanças serão solicitadas, analisadas e implantadas;
- Atualizações dos documentos do projeto: depois que houver as mudanças solicitadas, alguns documentos técnicos ou de gestão deverão ser atualizados;
- Atualizações dos ativos dos processos organizacionais: o aprendizado aprendido no resultado da garantia da qualidade deverá contribuir para o desenvolvimento da organização;
- Atualizações do plano de gerenciamento do projeto: todas as mudanças implantadas durante o processo deverá ser adicionado no plano.

Dessa forma, a garantia de qualidade nada mais é que observar, gerenciar, buscar *feedbacks*, trocar ideias e verificar como as atividades estão acontecendo.

III. Controlar a qualidade

Segundo Oliveira (2009), a melhor maneira de obter a melhoria contínua numa organização é “monitorando, avaliando e melhorando o desempenho organizacional de todos os departamentos, de todas as equipes de trabalho e de todas as pessoas”.

O controle de qualidade acontece quando se faz o uso de padrões almejados (metas, os quais são comparados com o desempenho obtido por meio de métricas (indicadores de desempenho) estabelecidas pela a equipe do projeto. É no processo do controle de qualidade que se define os limites de tolerância para as variações aceitáveis entre os padrões almejados e os resultados obtidos.

Nesse sentido, entende-se que um gerenciamento eficiente do projeto ocorre quando os desvios dos controles são os menores possíveis.

Para que se suceda corretamente o controle da qualidade, precisa-se que neste processo estejam prontas as entradas, que já foram elaboradas nos processos anteriores, são elas: o plano de gerenciamento da qualidade, métricas da qualidade, lista de verificação, medições de desempenho de trabalho, solicitações de mudanças aprovadas, entregas e ativos de processos organizacionais.

Além das entradas, é importante identificar quais serão as ferramentas utilizadas nessa fase, para transformar as entradas em controle de qualidade. As ferramentas da qualidade possuem bastante aderência e correlação com as demandas de cada gerente de projeto, contemplando o melhor gerenciamento e controle das rotinas, propiciando também a melhoria contínua. Algumas dessas ferramentas são descritas abaixo.

- Diagrama de causa e efeito: um diagrama que representa as possíveis causas que resultam em determinado efeito;
- Histograma: gráfico de barras que permite verificar a distribuição da variação dos dados que ocorrem dentro de determinado processo;
- Diagrama de Pareto: utilizado para identificar e dar prioridade aos problemas a serem resolvidos;
- Fluxograma: auxilia os gestores, por meio de uma representação gráfica, a entender, melhorar e padronizar um processo.
- Gráfico de Controle: tem a finalidade de verificar se um processo está dentro dos limites de variação estabelecidos para ele, permitindo, assim, ajustes necessários;
- Gráfico de execução: permitem a avaliação do histórico, da evolução e da variação das atividades executadas em determinado período;
- Diagrama de dispersão: viabiliza a verificação do grau de correlação entre duas variáveis, permitindo, assim, que a equipe da qualidade possa verificar o quanto uma variável influencia a outra, ou seja, uma possível relação de causa e efeito.
- Folhas de verificação: tem o objetivo de controlar a qualidade por meio da quantificação e categorização de eventos, permitindo ao gestor, após a coleta, a leitura e o entendimento da distribuição das ocorrências de determinado evento na operação de um projeto ou processo.

Quando utilizamos essas ferramentas para comparar os dados do projeto com os padrões estabelecidos no plano de projeto produzimos saídas importantes desse processo. As principais serão exemplificadas abaixo.

- Medições do controle de desempenho: as medições do controle da qualidade devem ser realizadas, documentadas e divulgadas de acordo com os padrões estabelecidos no projeto.
- Mudanças validadas: as mudanças que aconteceram durante o projeto devem ser documentadas e validadas pela a equipe do projeto. Vale ressaltar também que as mudanças não validadas também devem ser acompanhadas de forma a garantir que não sejam incorporadas no projeto.
- Entregas validadas: as entregas descritas na EAP (Estrutura Analítica de Projeto) devem ser inspecionadas e validadas pelo o controle da qualidade;
- Atualização dos ativos de processos organizacionais: cabe ao gestor a atualização dos ativos de processo durante a execução do projeto.
- Solicitações de mudança: o processo de monitoramento e controle de qualidade do trabalho, que está relacionado à gerência do escopo do projeto, demanda que as solicitações de mudança estejam documentadas e atualizadas.
- Atualizações do plano de gerenciamento do projeto: cabe ao controle de qualidade do projeto a atualização do plano de gerenciamento da qualidade nas questões relativas às melhorias de processos e ações corretivas;
- Atualizações dos documentos do projeto: os documentos do controle da qualidade devem ser atualizados durante todo o projeto.

Com o objetivo de medição e registro do desempenho, atualizações de documentações e validação de entregas, o controle de qualidade é o principal input para garantir a qualidade do gerenciamento do projeto e do produto final deste.

Vale destacar que a garantia de qualidade e o controle de qualidade possuem diferenças e ao mesmo tempo se completam. A garantia trata da prevenção, enquanto o controle, da correção. A garantia se preocupa como é feito o processo, enquanto o controle, do que é feito o processo, a pesar dessas diferenças o controle e a garantia se completam traduzindo em gerenciamento de qualidade.

A busca da qualidade necessita-se ser uma inquietação efetiva, processual e constante, utilizando as técnicas e ferramentas mais eficazes e modernas para que haja maior facilidade e agilidade no processo. Essa busca pela qualidade constante dos projetos é fundamental e quase intrínseco para as empresas atuais que estão inseridas em um mercado cada vez mais dinâmico.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Contexto da Obra

O Ceará é uma das 27 unidades federativas do Brasil, situado na região Nordeste, com a capital Fortaleza.

Figura 5: Estado do Ceará



Fonte 6: Wikipédia – A Enciclopédia Livre

Atualmente está em décimo segundo lugar entre os estados brasileiros em relação à riqueza e em terceiro, na região Nordeste. O estado vem apresentando melhoras significativas na economia desde a década de 50, por causa dos incentivos governamentais para a instalação de indústria com isenção de imposto, doação de terrenos e a mão de obra barata, que atraíram mais de 600 empresas nacionais e estrangeiras para o Ceará num período de seis décadas (1950 a 2010).

O setor terciário apresenta dominância no Produto Interno Bruto (PIB) do estado, vindo logo depois o setor secundário e o primário, representando, assim, 1,9% do PIB do país.

Em relação à população cearense, será realizada uma caracterização socioeconômica considerando o rendimento nominal médio mensal das pessoas de 10 anos ou mais de idade, com rendimento em reais. Já para a taxa de alfabetização, esta traduzirá a percentagem da população acima de 10 anos que possui domínio de escrita e leitura de forma a caracterizar o nível de instrução do local.

Além disso, o Índice de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM) do Ceará e a Capital serão representativos em três importantes dimensões do desenvolvimento humano: sua longevidade, renda e educação. Esse índice varia no intervalo de 0 a 1, de forma que, quanto mais próximo a 1, maior o desenvolvimento da região, como mostra a Tabela a baixo.

Tabela 2: Faixa de Desenvolvimento Humano - IDHM

Faixas de Desenvolvimento Humano	
0-0,499	Muito Baixo Desenvolvimento Humano
0,500-0,599	Baixo Desenvolvimento Humano
0,600-0,699	Médio Desenvolvimento Humano
0,700-0,799	Alto Desenvolvimento Humano
0,800-1	Muito Alto Desenvolvimento Humano

Fonte 7: Atlas do Desenvolvimento do Brasil (2010)

A análise do IDHM, portanto, pondera a oportunidade da referida população de viver uma vida longa e saudável, de ter acesso ao conhecimento e ter um padrão de vida básico, representado pela saúde, educação e renda. Assim, a qualidade de vida inferida através deste índice traduzirá a dinâmica do estado.

Figura 6: População, taxa de alfabetização e rendimento

	População	Rendimento (R\$)	IDHM
Brasil	190.755.799	1.201,47	0,727
Ceará	8.452.381	770,43	0,682

Fonte 8: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Quando verificado o rendimento nominal médio do estado em relação ao país, como mostra a Tabela acima, nota-se que o Ceará apresenta valor abaixo do obtido para o Brasil, inclusive abaixo do salário mínimo atual. Esses dados retratam uma grande desigualdade econômica entre os estados,

No tocante ao IDHM, como mostra a Tabela acima, tem-se o Ceará fica bem abaixo da média do país, classificando-se como uma região de Médio Desenvolvimento Humano diferente da classificação do país que é de Alto Desenvolvimento Humano.

Tendo em vista o objetivo da obra deste presente trabalho, é imprescindível verificar também a realidade da região quanto à infraestrutura básica, representados pelo abastecimento d'água.

No tocante ao abastecimento d'água, é considerado como fornecimento de água tratada apenas aqueles propiciados por rede geral. As demais formas constituem em fontes alternativas, dentre as mais comuns os poços ou nascentes, rio, açudes, lagos ou igarapés, e outros. Assim, foram obtidos pelo IBGE os dados informados nas tabelas a seguir.

Tabela 3: Formas de Abastecimento de Água

	Total domicílios	Rede geral (%)	Poço ou nascente na propriedade (%)	Poço ou nascente fora da propriedade (%)	Rio, açude, lago ou igarapé (%)	Outro (%)
Brasil	57.324.167	82,85	10,03	3,78	1,30	2,02
Ceará	2.365.276	77,22	9,35	5,85	3,75	3,82

Fonte 9: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

O Ceará apresenta taxa de abastecimento de água tratada pela rede geral inferior a taxa média brasileira. Vale destacar que existem outras formas de abastecimento, pois quanto menor o abastecimento de água tratada pela rede geral, maior a população conta com abastecimento via poço ou nascente dentro da sua propriedade, como é o caso de 9,35% da população cearense, 5,85% dessa população garante o abastecimento por poço ou nascente fora da propriedade, já por rio, açude, lago ou igarapé foram 3,75% e outras formas com 3,82%.

Essa situação é preocupante, pois a água que não está adequada ao consumo acarreta a diminuição do bem estar da população, devido ao fato deste recurso hídrico poder funcionar como meio de veiculação de doenças, comprometendo a saúde dos então residentes.

Diante do quadro socioeconômico apresentado, torna-se importante uma obra hídrica que consiga suprir todas as necessidades da população do estado do Ceará e é nessa realidade que surge o Cinturão das Águas do Ceará (CAC). Uma grande obra hídrica que pretende aduzir as vazões transpostas do Rio São Francisco para as macro bacias cearenses com um fluxo permanente de 30 m³/s, mediante canais, túneis e sifões.

Com o CAC, 80% do território do estado será beneficiado pelo Projeto de Integração do Rio São Francisco. Aumentando significativamente a possibilidade de acumulação das águas, com a inclusão de cerca de 20 novos grandes açudes, cada um de capacidade superior a

50 hm³, proporcionando uma distribuição espacial mais homogênea da disponibilidade hídrica no Ceará.

Já no horizonte de 2040, a implantação do CAC gerará um cenário favorável de suprimento hídrico, com o atendimento das demandas atingindo níveis elevados e equivalentes em todas as macro bacias do estado. Com esse sistema adutor funcionando, será possível atender as demandas prioritárias, como o: abastecimento humano, industrial e turístico do estado.

De acordo com estudos de viabilidades realizados, o CAC foi subdividido em trechos da seguinte forma:

Figura 7: Localização do CAC – Cinturão de Águas do Ceará



Fonte 10: Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará

- Trecho 1 – totalmente gravitório com extensão de 149,055 km e vazão máxima de 30 m³/s;
- Trecho 2 – totalmente gravitório com extensão de 271,000 km e vazão máxima de 30 m³/s;
- Ramal 1 – totalmente gravitório com extensão de 53,000 km e vazão máxima de 5m³/s;

- Trecho 3 – totalmente gravitário com extensão de 137,000 km e vazão máxima de 25 m³/s;
- Ramal 2 – totalmente gravitário com extensão de 20,000 km e vazão máxima 10 m³/s;
- Ramal Oeste – totalmente gravitário com extensão de 181,800 km e capacidade para transpor 15 m³/s em seu sub-trecho inicial e 5 m³/s na sua porção final;
- Ramal Leste – totalmente gravitário, com extensão de 303,000 km e vazão máxima de 8 m³/s;
- Ramal do Litoral – o único que tem bombeamento, com extensão de 180,000 km e vazão máxima de 6 m³/s.

Como pode ser observado na Figura anterior, quase toda extensão do CAC é por sistema gravitatório, apenas o Ramal Litoral é realizado por bombeamento, mas essa condução hídrica é realizada por canais, túneis e sifões.

Esses canais são classificados canais de irrigação, pois tem a função primordial levar água até as zonas de cultivo e geralmente possuem seção trapezoidal, podendo ser revestido ou não.

Além de ser classificados como de irrigação, também pode ser definido como um canal artificial, de acordo com as condições gerais dos mesmos, por que normalmente possuem seção transversal definida e constante, rugosidade normalmente definida, transportam águas, geralmente, limpas e em regime permanente.

Figura 8: Obra de canal, no trecho 1, do Cinturão de Águas do Ceará



Já os túneis para o abastecimento de água são uma passagem subterrânea, que possibilita ou facilita o acesso a um determinado local, que, nesse caso, são realizadas pelo ser humano, mas também podem ser produzidos pela ação da natureza.

A obra do CAC é constituída por alguns túneis para transpor barreiras para viabilizar a condução hídrica por sistema gravitacional dos trechos com essa característica.

Figura 9: Obra do Túnel Veneza, no trecho I, do Cinturão de Águas do Ceará



Fonte 12: Diário do Nordeste (2017)

3.2. Análise das Entradas do Produto

Como já foi explicado anteriormente, um processo é uma atividade ou conjunto de atividades que usam determinadas ferramentas e técnicas para transformar (processar) um conjunto de insumos (entradas) em resultados desejados (saídas).

O primeiro processo para o gerenciamento da qualidade é o planejamento do gerenciamento da qualidade do projeto. No caso de uma supervisão de uma obra como o CAC, os tipos de entradas permeiam várias áreas, como: documentos contratuais, documentos básicos para a supervisão e documentos que o responsável pela qualidade ache relevante.

3.2.1. Documentos Contratuais

Os documentos contratuais são os documentos originados do processo de licitação da supervisão da obra.

Segundo DI PIETRO (2012.p 356),

“Licitação é o procedimento administrativo pelo qual um ente público, no exercício da função administrativa, abre a todos os interessados, que se sujeitem às condições fixadas no instrumento convocatório, a possibilidade de formularem propostas dentre as quais selecionará e aceitará a mais conveniente para a celebração do contrato”.

A supervisão da obra do CAC é uma licitação pública, e por isso possui documentos contratuais importantes, que se tornam entradas do planejamento da qualidade.

Essas entradas no caso da supervisão do CAC são:

- Edital da licitação: documento no qual a administração pública (cliente) consigna as condições e exigências que devem ser seguidas tanto durante o processo de licitação quanto durante o produto. Definindo claramente o objeto da licitação (projeto), a experiência e abrangência necessárias ao fornecedor do produto ou serviço a ser adquirido.
- Termo de Referência: documento no qual a administração pública (cliente) estabelece os termos pelos quais um produto deve ser entregue por potenciais contratados. Os termos de referência precedem a assinatura do contrato e tem com função principal informar as potenciais empresas sobre as especificações do serviço ou produto (projeto). Quando o contrato é celebrado, os termos de referência se tornam parte integrante do contrato.
- Proposta Técnica: documento técnico que a empresa elabora apresentando conhecimento do objeto licitado, além de toda a metodologia e o plano de trabalho que propõe fazer, caso ganhe a licitação.

3.2.2. Documentos da Supervisão

Após todo o processo de licitação, pode-se começar oficialmente o projeto com o documento de abertura do projeto, o contrato da obra e a ordem de serviço, documentos com informações necessárias tanto sobre o que será feito, quanto a data e o local em que o contato fora realizado e os dados acerca do cliente, a fim de identificá-lo. Dessa forma, o documento acaba servindo como uma autorização para o início de determinado serviço, além de ser um importante suporte de dados.

Depois de oficialmente declarada a abertura do produto, tem-se acesso aos projetos da obra, como: projeto básico e projeto executivo, além do “*as built*” que a construtora está elaborando durante a obra.

Esses projetos tornam-se essenciais para a supervisão e são analisados de forma sistêmica devido a grande importância dos mesmos, pois eles nos dão os dados dos principais

padrões que precisam ser seguidos e controlados durante toda a obra. Além de pontuar os possíveis riscos que aquela obra pode vir a ter antes, durante e após a construção.

Outro documento de entrada são as especificações técnicas solicitadas nos projetos que deverão ser acompanhadas e controladas de acordo com os mesmos, satisfazendo sempre os documentos contratuais.

3.2.3. Documentos Relevantes

Na engenharia existem diversas normas técnicas que precisam ser seguidas para garantir a qualidade da obra, além disso, as normas técnicas tem caráter obrigatório, previsto em leis e instrumentos legais brasileiros.

A grande maioria das normas técnicas aprovadas e vigentes hoje está no arcabouço normativo da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e são denominadas NBR – Norma Brasileira.

Existem diversas áreas garantidas pelas NBRs, principalmente no ramo da engenharia civil, no entanto nesse trabalho iremos focar nas normas que regem a compactação de solos.

3.3. Definição dos Itens Críticos

Depois da análise das entradas do projeto, faz-se necessário um estudo da obra para identificar os itens críticos da mesma, levando em consideração a sua tipologia e finalidade, além das necessidades tanto do cliente, quanto dos beneficiários.

Para essa análise é importante pensar na tipologia da obra como um todo, uma obra de grande extensão, de infraestrutura hídrica e que precisa ser estanque. O CAC é composto em grande parte por canais e túneis que distribuem a água por sistema gravitatório, como já foi mencionado anteriormente.

Atualmente o material mais utilizado na construção de revestimento de canais de condução hidráulica é o concreto por ser, normalmente, a alternativa mais econômica e se possuir um maior *know-how* tanto do material quando das técnicas construtivas.

Além disso, podem-se usar mantas impermeabilizantes do tipo o Cloreto Polivinílico (PVC), de material escuro para impedir o transpasse de luz solar e, conseqüentemente, inibir o crescimento de vegetação sob a manta.

Figura 10: Colocação da manta de impermeabilização no CAC



Fonte 13: Plano de Qualidade do CAC (2017)

Em grande parte dos casos, as patologias em canais ocorrem por falta de manutenção e/ou operação adequadas, podendo também ser por erros no projeto e/ou na execução do mesmo. Dentre os principais problemas que podem ser encontrados em canais, podem ser citados: As perdas de água, que infiltração excessiva, evaporação, transbordamento e por vazamento, o assoreamento e a erosão do canal.

Diante dessa situação, foi proposta uma verificação dos itens que tragam algum risco, mas algum risco à vida tanto dos colaboradores, quanto dos beneficiários da obra. Dentro dessa perspectiva, é possível achar dois tipos de situação crítica: o serviço oferecido e os materiais.

O serviço oferecido significa a qualidade com que os profissionais estão atendendo a obra, ou seja, se as atividades realizadas pelos trabalhadores estão dentro das normas técnicas que as conduzem. Grandes exemplos dessas atividades no CAC são: compactação de aterro, assentamento das mantas impermeabilizantes e instrumentação dos túneis.

Para a compactação de aterro existe norma para determinar a relação entre o teor de umidade e massa específica aparente seca de solos quando compactados, de acordo com os processos específicos.

Na área de assentamento das mantas impermeabilizantes também há norma com recomendações relativas à execução de impermeabilização para que sejam atendidas as condições mínimas de proteção da construção contra a passagem de fluidos, bem como a

salubridade, segurança e conforto do usuário, de forma a ser garantida a estanqueidade das partes construtivas que a requeiram.

Já para qualquer procedimento em túneis, existe norma com requisitos que especifica ensaios, comissionamento, inspeção nos equipamentos elétricos ou mecânicos, sistemas operacionais, dispositivos de medição e construção civis relacionadas à prevenção e proteção de incidentes nos túneis.

Em uma visão semelhante, os materiais da obra, são nada mais que as matérias-primas da construção que precisam estar de acordo com a finalidade da obra e com as normas técnicas vigentes, como: concreto e membrana impermeabilizantes.

No âmbito do concreto, até por ser o material que viabiliza a estrutura da obra com a resistência a compressão, impermeabilização e revestimento, existem várias normas que regem atualmente as construções civis em relação a esse material. As normas variam entre especificar e padronizar: os ensaios, matérias primas, aceitação, classificação, amostras, entre outros.

Já na área da manta de impermeabilização existe norma para especificar os requisitos mínimos necessários para a aceitação das mesmas, bem como estabelece os métodos de ensaio necessários para a verificação destes requisitos.

Esses itens tornam-se importantíssimos para o processo de controle da obra, pois essas análises se resultam em fichas padronizadas de verificação do serviço ou fichas de ensaio em campo. Dessa forma, controla-se a qualidade daqueles itens, além de torná-los rastreáveis e documentáveis.

No presente trabalho a revisão do plano de gerenciamento de qualidade será no âmbito da caracterização dos solos, ensaios realizados e por fim o processo da compactação de aterro.

3.4. Identificação das especificações e normas

Como já foi dito anteriormente a revisão do plano de qualidade do CAC será na abrangência da compactação de aterro. A revisão se dará mais especificamente, nas fichas de controle que são geradas tanto no laboratório, como nas fichas de aceitação *in situ*. São elas que viabilizam o controle de todo o processo, já que no final tornam-se documentos padronizados da garantia da compactação de aterro de acordo com as necessidades exigidas.

A compactação de aterro, segundo o DNIT (108/2009 – Terraplenagem – Aterro – Especificação de Serviço), é um processo manual ou mecânico destinado a reduzir o volume dos vazios de um solo ou outro material com a finalidade de aumentar-lhe a massa específica, resistência e estabilidade.

A primeira fase de todo o processo é a caracterização do solo que será utilizado, ou seja, o solo proveniente da jazida de empréstimo.

Segundo o Departamento de Estradas de Rodagem (2005), jazida de empréstimo é a área com ocorrência natural de solos cujas características e propriedades serão adequadas para utilização na obra.

Diante dessa situação é necessária a caracterização dos solos que serão usados para que exista a garantia que o mesmo atenda as características das normas técnicas e de projeto (entradas). Nessa etapa serão caracterizadas as amostras através de ensaio de compactação proctor normal, da granulometria, limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP) e o índice de suporte califórnia (CBR). Toda essa análise é realizada em laboratório para saber se o solo da jazida escolhida atende aos requisitos.

O ensaio de compactação proctor normal será baseado em:

- Relatório do Projeto Básico – CAC.PB-T1-REL-GRT1.PJB-ETP-001;
- Plano de Qualidade da Obra;
- DNER- ME 129/94 – Solo – Compactação utilizando amostras não trabalhadas;
- NBR-7182 – Solo – ensaio de compactação;
- NBR 6457 – Amostras de solo - Preparação para ensaio de compactação e ensaios de caracterização - Método de ensaios;
- PQ 06 – Elaboração e Execução de Planos de Qualidade de Produtos;
- IQ 01 – Orientações para elaboração e execução de planos de qualidade para gerenciamento, supervisão e fiscalização de obras.

Já granulometria que será baseada em:

- Relatório do Projeto Básico – CAC.PB-T1-REL-GRT1.PJB-ETP-001;
- Plano de Qualidade da Obra;
- NBR 7181 (1984, Análise Granulométrica);
- PQ 06 – Elaboração e Execução de Planos de Qualidade de Produtos;
- IQ 01 – Orientações para elaboração e execução de planos de qualidade para gerenciamento, supervisão e fiscalização de obras.

Para o Limite de Liquidez e Plasticidade, temos:

- Relatório do Projeto Básico – CAC.PB-T1-REL-GRT1.PJB-ETP-001;
- Plano de Qualidade da Obra;
- DNER – ME 082/94 – Solo – Determinação do Limite de plasticidade;

- PQ 06 – Elaboração e Execução de Planos de Qualidade de Produtos;
- IQ 01 – Orientações para elaboração e execução de planos de qualidade para gerenciamento, supervisão e fiscalização de obras.

Por último será analisado o índice de Suporte Califórnia (CBR) através de:

- Relatório do Projeto Básico – CAC.PB-T1-REL-GRT1.PJB-ETP-001;
- Plano de Qualidade da Obra;
- NBR 9895 – Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas;
- DNER 49/94 – Ensaio de Índice Suporte Califórnia – ISC;
- PQ 06 – Elaboração e Execução de Planos de Qualidade de Produtos;
- IQ 01 – Orientações para elaboração e execução de planos de qualidade para gerenciamento, supervisão e fiscalização de obras.

A segunda etapa do processo é o momento em que o solo chega à obra e precisa de uma segunda verificação, para ratificar as informações provindas do laboratório. Nesse momento, há a análise *in situ* da umidade ótima e densidade máxima, comparando com os valores fornecidos pelo laboratório. Além disso, há o acompanhamento do processo da compactação. Essas verificações serão baseadas nos seguintes documentos:

- Relatório do Projeto Básico – CAC.PB-T1-REL-GRT1.PJB-ETP-001;
- Plano de Qualidade da Obra;
- DNER – ME092/94 – Solo – Determinação da massa específica aparente *in situ*, com emprego do frasco de areia;
- PQ 06 – Elaboração e Execução de Planos de Qualidade de Produtos;
- IQ 01 – Orientações para elaboração e execução de planos de qualidade para gerenciamento, supervisão e fiscalização de obras.

3.5. Revisão do Plano de Controle de Qualidade

Serão destrinchadas e revisadas, a priori, os ensaios realizados em laboratório e como eles são documentados e rastreados durante a linha de construção da compactação de aterros.

Primeiramente, as fichas são impressas em laboratório para serem preenchidas durante os ensaios. Depois de preenchidas, as mesmas são devidamente digitalizadas e arquivadas.

3.5.1. Caracterização do Solo

A caracterização do solo proveniente da jazida é realizada em laboratório próprio pela empresa de supervisão. Como já foi dito, esse processo se dar por 4 fichas de controle, que

são: proctor normal, granulometria, limite de liquidez e plasticidade e o índice de suporte califórnia (CBR). Essas fichas completas estão em anexo neste trabalho.

Em todas essas fichas existe o cabeçalho, onde é encontrado informações semelhantes, como: qual a obra que está sendo utilizada a ficha, nesse caso a Supervisão do CAC, a classe da mesma, qual o tipo de ensaio da ficha e a data.

Depois desse cabeçalho prévio, existe uma área para preenchimento com dados que também é comum a todas: a origem do solo que está sendo trabalhado, qual o trecho da jazida que foi retirado o solo, estaca de coleta, o lado da coleta, procedência, localização e laboratorista.

Essas informações serão de extrema importância para a rastreabilidade do solo durante a linha de construção da compactação dos aterros durante toda a obra. Já que com esses dados temos a procedência e a destinação, juntamente com as informações técnicas da amostra. Isso pode ser percebido como dados desnecessários ou extras, no entanto quando se sabe que é uma obra de 1300 km e pode haver graves problemas. Saber de onde é cada solo e qual a caracterização do solo é imprescindível.

Figura 11: Exemplo da Ficha de controle de qualidade – Proctor Normal

PLANO DE CONTROLE DE QUALIDADE			DATA:
PRODUTO: SUPERVISÃO CAC			
CLASSE: SERVIÇO			
COMPACTAÇÃO DE ATERROS - ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - PROCTOR NORMAL			
TRECHO:		PROCEDÊNCIA:	
ESTACA DE COLETA:		LOCALIZAÇÃO:	
LADO (D-X-E):		LABORATORISTA:	

Fonte 14: Plano de Controle de Qualidade do CAC

Esse processo de rastreabilidade é a grande modificação das fichas de caracterização, já que existem várias fichas no mercado de caracterização, mas essa ligação com a jazida de origem foi algo implantado e refreável, já que no final da caracterização as mesmas são digitalizadas e documentadas.

Em suma, além das fichas de caracterização informar os dados técnicos dos solos, também haverá uma ligação entre a jazida de origem e os trechos em que o solo foi utilizado.

Depois dessa primeira fase, onde é semelhante a todas as fichas de caracterização, cada ficha terá uma finalidade e dados diferentes, já que são ensaios diferentes.

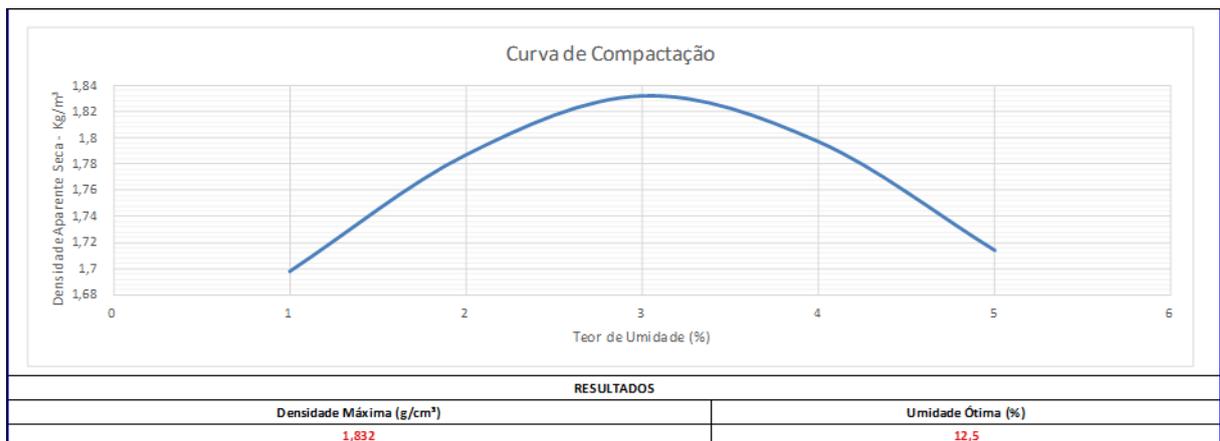
- Ficha do Ensaio de Compactação – Proctor Normal

Ensaio de compactação Proctor é um dos mais importantes procedimentos de estudo e controle de qualidade de aterros de solo compactado. Através dele é possível obter a

densidade máxima do maciço terroso, condição que aperfeiçoa o empreendimento com relação ao custo e ao desempenho estrutural e hidráulico.

O ensaio consiste em compactar uma porção de solo em um cilindro com volume conhecido, fazendo-se variar a umidade de forma a obter o ponto de compactação máxima no qual se obtém a umidade ótima (%) e a densidade máxima (g/cm^3). Representado pela a curva de compactação.

Figura 12: Trecho da Ficha de compactação de aterro - Proctor Normal de uma amostra de solo da Jazida Verde 1



Fonte 15: Plano de Controle de Qualidade do CAC

Esses dados produzidos no ensaio precisam atender as especificações técnicas, no caso, a densidade máxima tem que ser maior que $1,5 \text{ g/cm}^3$, além disso, precisa estar de acordo com as orientações do projeto daquele trecho.

- Ficha de Análise granulometria

O ensaio de granulometria é utilizado para determinar a distribuição granulométrica do solo, em outras palavras, a percentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de grãos, representa na massa seca total utilizada para o ensaio. O principal objetivo é conhecer a distribuição granulométrica do agregado e representá-la através de uma curva, possibilitando a determinação das características físicas.

O solo pode variar entre as seguintes classificações, dependendo do diâmetro dos grãos: matacão, pedra, brita, areia grossa, areia média, areia fina, silte e argila.

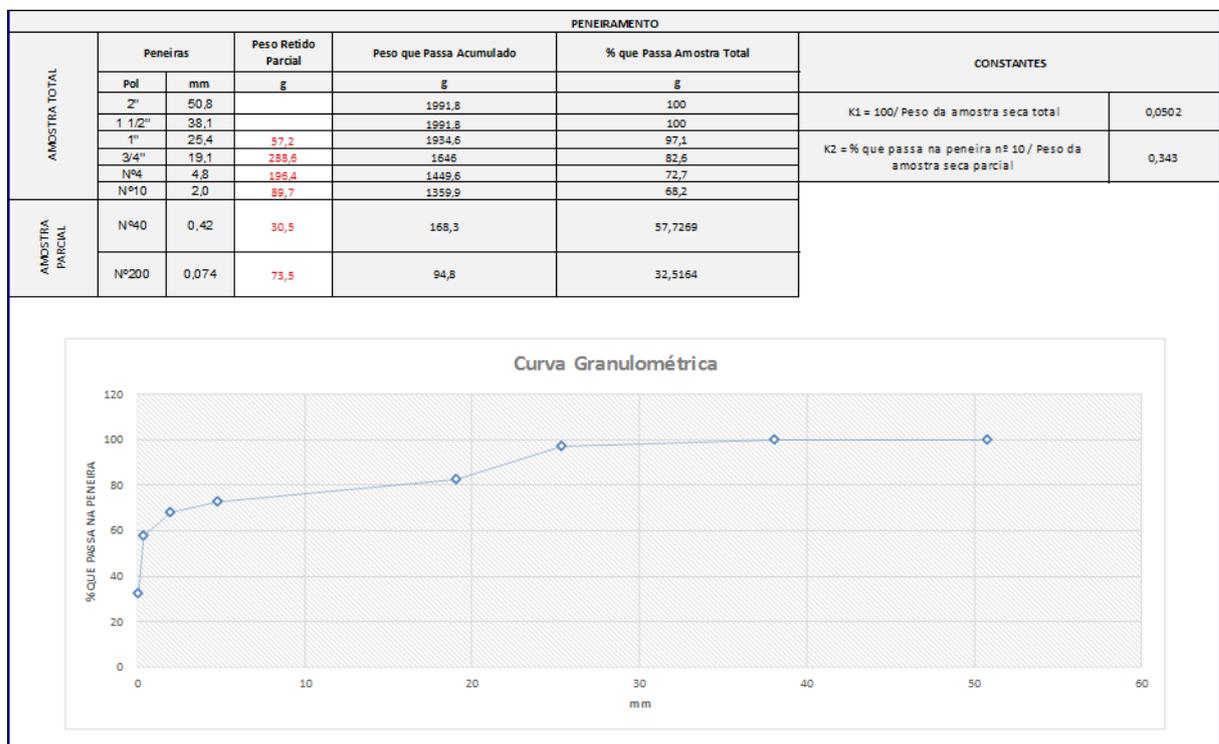
O peneiramento é um método de separação de partículas que leva em consideração o tamanho das mesmas. O objetivo da operação é indicado pelo seu próprio nome: separação das partículas mais grossas das mais finas. Os sólidos são colocados sobre uma superfície

com um determinado tamanho de abertura, as partículas menores passam através das aberturas da peneira, deixando assim as partículas maiores reservadas.

O procedimento começa com o material passando pela a peneira de 2,0mm, separando-se, assim, os finos dos grossos. O material fino passará pelas peneiras 1,2; 0,6; 0,42; 0,25; 0,15; 0,075mm. Já o material grosso, que é o mais representativo na supervisão do CAC, ficará retido na peneira 2,0mm, passará posteriormente pelas peneiras de 50; 38; 25; 19; 9,5; 4,8mm. Anotando sempre as massas retidas e acumuladas em cada peneira

O resultado final deve ser representado graficamente, dispondo-se em abcissas os diâmetros das partículas, em escala logarítmica, e em ordenadas as porcentagens das partículas menores do que os diâmetros considerados.

Figura 13: Trecho da Ficha de Granulometria de uma amostra de solo da Jazida Verde 1



Fonte 16: Plano de Controle de Qualidade do CAC

- Ficha de determinação do limite de plasticidade e liquidez

O limite de liquidez tem como por definição o menor teor de umidade com que uma amostra de um solo pode ser capaz de fluir. Embora essa capacidade seja mais relacionada com o grau de saturação do solo do que com o teor de umidade, os ensaios para determinar o limite de liquidez de solos finos têm o teor de umidade como parâmetro, por causa da dificuldade de medir e controlar o grau de saturação.

O método de Casagrande, na qual se utiliza um aparelho de mesmo nome, com o qual se aplicam 25 golpes deixando a concha do aparelho cair de uma altura padrão para que ela se feche ao final dos golpes.

Supõe-se que com as pancadas, a água contida na argila se encaminhe para a região da ranhura, aumentando o teor de umidade. O choque da concha produz o esforço de cisalhamento, mas a ranhura apenas começa a se estreitar quando a umidade na região de fechamento se aproxima do limite de liquidez.

Primeiramente mistura-se a argila em pó com água com o auxílio da espátula, de forma a obter uma pasta homogênea, depois de feito a massa coloca-se no aparelho de Casagrande, arraste o cinzel de modo a abrir uma ranhura em sua parte central dividindo em duas partes, o cinzel deve ser deslocado perpendicularmente à superfície da concha. Dado as 25 primeiras batidas, uma volta a cada segundo aproximadamente, é avaliado a consistência da mesma, se as duas partes se juntarem antes das 25 batidas a massa está mole. Então é necessário que acrescente mais argila, avalie novamente sua consistência, caso não junte é preciso misturar mais água, até que elas se juntem no ponto exato das 25 batidas. Ao término dessa etapa é necessário pesá-la e colocá-la na estufa, depois de retirado a argila é preciso anotar o valor da massa seca.

$$LL = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100$$

Onde,

LL = limite de liquidez;

Mh = massa úmida; e

Ms = massa seca em estufa.

Já o Limite de Plasticidade é o teor que o solo, estando do estado plástico, se perder umidade, passa para o estado semissólido. Para que isso ocorra, a amostra de solo esteja no estado plástico é a possibilidade de com ela ser possível fazer um cilindro de 10 cm de comprimento por 3 mm de diâmetro, por rolagem sobre uma placa de vidro.

Retira-se um pequeno pedaço da argila que atingiu o ponto após as 25 batidas. Enrola a mesma, com cuidado, sobre a Placa de vidro de maneira que ela fique idêntica ao Gabarito cilíndrico com 3mm de espessura, esse processo é necessário para que a massa perca água conforme for enrolando, quando ela chegar ao ponto de estar quase partindo (rachando) coloca-se a massa na estufa para que seja anotada sua massa antes e depois.

$$LP = \frac{Mn - Ms}{Ms} * 100$$

Onde,

LP = limite de plasticidade;

Mn = massa natural; e

Ms = massa seca em estufa.

A partir dos dados obtidos e dos cálculos feitos pode-se encontrar o índice de plasticidade que é obtido pela seguinte fórmula:

$$IP = LL - LP$$

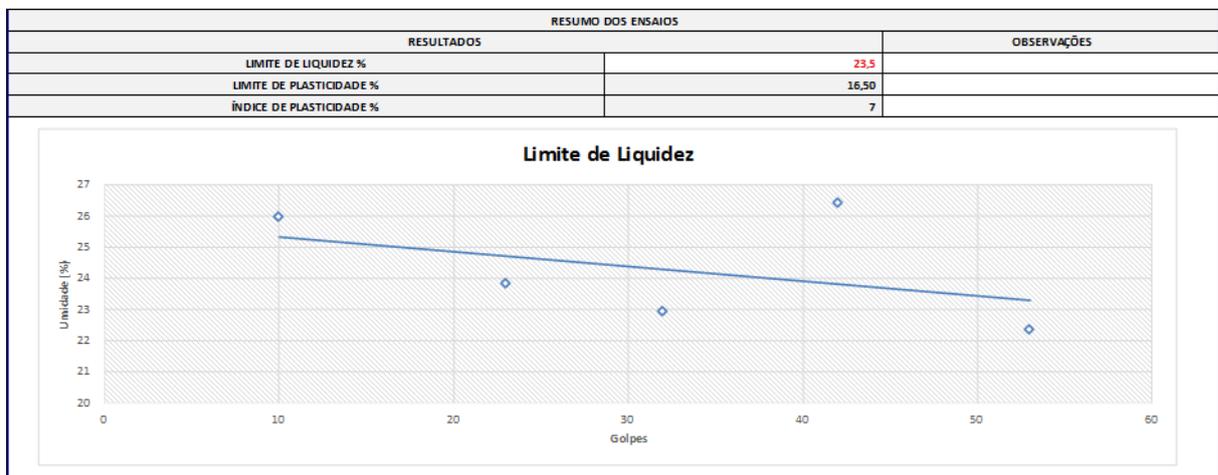
Onde,

IP = índice de plasticidade;

LL = limite de liquidez; e

LP = limite de plasticidade;

Figura 14: Trecho da Ficha de determinação do limite de plasticidade e liquidez de uma amostra de solo da Jazida Verde 1



Fonte 17: Plano de Controle de Qualidade do CAC

- Ficha de determinação do índice de suporte califórnia (CBR)

O ensaio CBR consiste na determinação da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo de prova de solo, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa mistura padrão de brita estabilizada granulometricamente. Essa relação é expressa em porcentagem.

No caso da supervisão do CAC, o ensaio é realizado da seguinte forma: moldando-se o corpo de prova com teor de umidade próximo ao ótimo (determinado previamente em ensaio de compactação – proctor normal)

O ensaio é composto por três etapas: a) compactação do corpo de prova: são compactados com cinco teores de umidade uma amostra, segundo o método Proctor, utilizando-se o molde grande (diâmetro de 6 polegadas - aproximadamente 150 mm), em cinco

camadas, com o soquete grande, sendo que o número de golpes depende da energia de compactação (norma – 12, intermediária – 26 e modificada – 5 golpes), obtendo a curva de compactação ($\gamma_s \times h$).

O material precisa apresentar o CBR menor que 3 e uma expansão menor que 4% para atender as exigências técnicas e de projeto do CAC.

Figura 15: Trecho Ficha de determinação do índice de suporte califórnia (CBR) de uma amostra de solo da Jazida Verde 1

ENSAIO DE PENETRAÇÃO								MOLDE Nº:			
Tempo	Penetração		Leitura		Pressão - Kg/cm ²			Dia /Hora	Leitura	Difer.	Exp.
	min	Pol	mm	Extensão	Determ.	Corrigido	Padrão				
0	0	0	0	0	0	0	-	0			
0,5	0,025	0,63	25	2,5	2,5	-	0	14/07/2016 /16:40	1	0,00	
1	0,05	1,27	51	5,1	5,1	-	0				
2	0,1	2,54	112	11,4	11,4	70,31	16,2	15/07/2016 /16:40	1,04	0,04	
4	0,2	5,08	202	20,5	20,5	105,46	19,4				
6	0,3	7,62	222	22,5	22,5	131,58	17	16/07/2016 /16:40	1,08	0,04	
8	0,4	10,16	205	20,8	20,8	161,71	12,8				
10	0,5	12,7	0	0	0	182,8	0	17/07/2016 /16:40	1,1	0,02	0,23

MOLDAGEM DE VERIFICAÇÃO	
Peso Bruto úmido (g):	9500
Peso úmido (g):	4280
Densidade úmida (g/cm ³):	2,052
Densidade Seca (g/cm ³):	1,824
Grau de Compactação (%)	99,5

RESULTADO CBR:	
	19,40

Fonte 18: Plano de Controle de Qualidade do CAC

3.5.2. Análises realizadas in situ

Depois de realizada toda a caracterização do solo em laboratório, como foi exemplificado anteriormente, é feito a comprovação de alguns dados in loco ou in situ, ou seja, o local onde será colocado o solo na obra.

Essa verificação é importante para ter a certeza de que a compactação foi executada com sucesso se comparada ao ensaio de laboratório.

Nessa fase, mede-se a massa específica do solo estudado e que seja feita a comparação com os parâmetros obtidos em laboratório no ensaio de compactação, a fim de encontrar o grau de compactação e concluir-se a compactação feita em campo foi ou satisfatória, denominada ficha de controle de aceitação. Além da densidade in situ, também é verificada o processo, literalmente, da compactação de aterro, essa última é a ficha de controle de processo.

Essas duas fichas são impressas no escritório e são levadas a campo para serem preenchidas. De modo semelhante as fichas de caracterização, as fichas de campo também,

possuem um cabeçalho no qual é identificado a procedência e qual o processo está sendo controlado naquele momento.

Ou seja, há uma amarração total com essas últimas fichas, pois elas juntam-se com as fichas de laboratório e são digitalizadas e documentadas. Dessa forma, há um controle de toda a linha de produção da compactação de aterro. Pois temos tanto a origem (jazida) do solo, a caracterização realizada em laboratório e como esse solo chegou *in loco* e quais os trechos onde ele será utilizado.

Na ficha de controle de aceitação é verificada a densidade *in situ*. Para essa ficha alguns dados são preenchidos com informações do laboratório, como: a umidade ótima (%) e a densidade máxima (g/cm^3), dados de referência. A verificação em campo é a comparação comparando os resultados do campo com os de laboratório, dentro de certas margens de especificações.

Figura 16: Trecho da ficha de aceitação de densidade *in situ*

DETERMINAÇÃO DO PESO DA AREIA CORRESPONDENTE AO VOLUME DO FUNIL E DO REBAIXO DO ORIFÍCIO NA BANDEJA						
-	Unidade					
PESO DO CONJUNTO FRASCO + FUNIL (P1) ANTES DO ENSAIO	g					
PESO DO CONJUNTO FRASCO + FUNIL (P2) APÓS ENSAIO	g					
PESO DA AREIA DESLOCADA (P3 = P1 - P2)	g					
DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE DA AREIA						
-	Unidade					
PESO RESTANTE DA AREIA NO FUNIL (P4)	g					
PESO DA AREIA NO FURO (P5= P1 - P2 - P4)	g					
VOLUME DO CILINDRO (Vcil)	cm^3					
MASSA ESPECÍFICA APARENTE DA AREIA (P5/Vcil)	$\mu_a = \text{g}/\text{cm}^3$					
DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE DO SOLO, "in situ"						
-	Unidade					
PESO DO SOLO EXTRAÍDO DA CAVIDADE - SOLO ÚMIDO (Ph)	g					
UMIDADE DO SOLO EXTRAÍDO DA CAVIDADE (h)	h					
MASSA ESPECÍFICA APARENTE DO SOLO SECO "in situ" ($\mu_s = (\mu_a * 100 * Ph) / (100 + h)$)	g/cm^3					
MASSA ESPECÍFICA APARENTE DO SOLO ÚMIDO "in situ" ($\mu_h = (\mu_s) / P5$)	g/cm^3					
DESVIO DE UMIDADE						
GRAU DE COMPACTAÇÃO (μ_s / μ_{sl})	%					
O material deve apresentar Teor de Umidade Ótima variando em 2% do valor obtido em laboratório						
O grau de compactação encontrado deve ser entre 97% e 100%						

Fonte 19: Plano de Controle de Qualidade do CAC

Já para o controle de processo de compactação de aterro é verificado o processo para a compactação em si, em geral de forma visual pelo o técnico de campo, como: a preparação do

terreno, a locação, a espessura da camada antes e depois da compactação. Além disso, nessa ficha, pode-se se informar qualquer característica singular do solo, para que fique registrado e documentado e se precisa de alguma reinspeção no trecho.

Figura 17: Trecho da ficha de Controle de Processo de Compactação de Aterro

ITEM DE INSPEÇÃO	CRITÉRIO PARA APROVAÇÃO	MÉTODO DE VERIFICAÇÃO	TOLERÂNCIA	STATUS
Preparação do terreno	A distância entre os sulcos não deverá exceder 30cm e deverão ter entre 5 e 7cm de profundidade	Trena metálica	-	
	Solo isento de pedras e torrões com mais de 10cm, de raízes ou de qualquer matéria orgânica	Visual	-	
	Realização de escalonamento nos trechos de seção mista (corte e aterro)	Visual	-	
Locação	Piquetes de controle geométrico para determinação da espessura da camada com marcações realizadas pela equipe de topografia com espessura máxima do aterro de 20,0cm	Visual	(+ / - 2,0cm)	
Espessura da camada - após compactação	Cota da superfície do aterro com marcação dos piquetes em conformidade com as marcações realizadas pela equipe de topografia	Visual	(+ / - 2,0cm)	
Finalização do processo de compactação	Proteção contra ação erosiva das águas, trânsito e de outros agentes que possam danificá-los	Visual	-	
LEGENDA (CRITÉRIO):	AINDA NÃO INSPECIONADO	CONFORME	NÃO CONFORME	NÃO SE APLICA
	em branco	C	NC	NA
OCORRÊNCIA DE NÃO CONFORMIDADE E TRATAMENTO				
Descrição do problema		Solução Proposta		Reinspeção

Fonte 20: Plano de Controle de Qualidade do CAC

Em suma, o controle de qualidade dessa obra da compactação de aterro dessa obra é realizado em duas etapas: em laboratório com a caracterização do solo e em campo, quando há a o controle de aceitação e de processo da compactação.

Todo esse controle é realizado de forma rastreável, controlando toda a linha de produção e sempre com a preocupação de atender a todos as especificações técnicas tanto de normas quanto do projeto da obra.

4. RESULTADOS

A supervisão da obra como o CAC, não é algo fácil de controlar, pois exige uma gama de conhecimentos e garantias em diversas áreas de conhecimentos. Uma obra com cerca de 1.300 km de extensão desafia o controle da qualidade e o planejamento dos processos dos mesmos.

Pois os processos precisam ser muito bem pensados para que eles ocorram de forma natural e sem nenhum gap entre eles. Além disso, faz necessário o rastreamento de todos os materiais utilizados e o serviço realizado, garantindo que os mesmos atendam as especificações técnicas exigidas.

A grande inovação desse controle de qualidade implantado no CAC é a rastreabilidade dos solos durante o processo de construção. Pois as fichas elas informam a procedência e a destinação do solo, além de todo o perfil técnico daquele empréstimo.

Essa rastreabilidade garante que os índices de projeto, como: o ângulo de atrito efetivo (ϕ), coesão e o peso específico do solo (γ). Pois as jazidas são escolhidas diante do atendimento desses requisitos do projeto.

O ângulo de atrito e a coesão são definidos em projeto porque, segundo a mecânica dos solos, são eles que definem a máxima pressão de cisalhamento que o solo pode suportar sem sofrer ruptura, ou a tensão de cisalhamento do solo no plano em que a ruptura ocorre no momento da ruptura.

O atrito é função da interação entre duas superfícies na região de contato. E a tensão de cisalhamento do solo é proporcional à força normal aplicada e ao ângulo de atrito. A resistência ao cisalhamento dos solos é essencialmente devido ao atrito. Entretanto, a atração química entre partículas (potencial atrativo de natureza molecular e coloidal), principalmente, no caso de estruturas floculadas, e a cimentação de partículas (cimento natural, óxidos, hidróxidos e argilas) podem provocar a existência de uma coesão real.

Segundo Vargas (1977), de uma forma intuitiva, a coesão é aquela resistência que a fração argilosa empresta ao solo, pelo qual ele se torna capaz de se manter coeso em forma de torrões ou blocos, ou pode ser cortado em formas diversas e manter esta forma. Os solos que têm essa propriedade chamam-se coesivos.

Já em relação à importância do peso específico de projeto (γ), é a relação numérica do peso total do solo (P) dividido pelo seu volume total (V), ou seja: um peso específico do solo baixo pode demonstrar facilmente que pode existir uma argila mole ou um solo com bastante matéria orgânica, dificultando o carregamento desse solo.

Por isso a rastreabilidade e a confirmação que esses dados são tão importantes nessa obra, pois caso ocorra algum erro de distribuição de material para a compactação ou a não garantia que o mesmo não atenda a esses índices de projeto pode haver alguns problemas com a obra, como: instabilidade do talude, recalque e/ou fissuras.

A instabilidade de talude é a movimentação de massa, ou mais especificamente, escorregamento de talude. Essa situação acontece quando a tensão cisalhante é maior do que o solo possa suprir. Naturalmente os taludes provenientes da má execução de aterros pode também levar ao movimento de massas de solos, ocorram recalques exagerados, deixando os canais com ondulações e provocando rompimentos ou deslizamentos do revestimento mesmo.

Ratificando, garantir esses índices de projetos com a rastreabilidade, minimiza-se bastante problemas desse tipo, que hoje é cerca de 60% dos problemas em manutenção de canais segundo os estudos realizados sobre esse tema.

Já em relação aos custos por quilômetro (R\$/KM) que seriam gastos na manutenção, reabilitação e reparo, seja por pequenas fissuras ou um colapso de uma seção inteira, é bastante complicado definir ou quantificar. Isso se deve ao enorme número de variáveis envolvidas nessa estimativa, além da obra do CAC se localizar em diferentes regiões ao longo dos 1.300km de extensão.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento desse trabalho permitiu revisar e ratificar a importância do gerenciamento da qualidade diante de uma obra de construção civil. Além de retificar toda a linha de produção das fichas de controle de qualidade na compactação de aterro do CAC, minimizando ou eliminando riscos ou erros nesse processo.

Dessa forma, essa linha de rastreamento poderá ser utilizada de maneira semelhante em outros processos construtivos, mantendo a supervisora em constante aperfeiçoamento e, assim, alto grau de competitividade diante do dinamismo do mercado atual.

REFERÊNCIAS

Project Management Institute. **Gerenciamento de Projetos – A Guide to the Project ‘Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)**, 5º Edição, 2013.

Gerenciando Projetos de Sucesso com PRINCE2™, 2011, TSO, Reino.

CRUZ, F. **Scrum e pmbok: unidos no gerenciamento de projetos**, Brasport livros, Brasil, 2013.

AGUIAR, Silvio. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa seis Sigma**. Volume 1. Belo Horizonte: Editora DG, 2002.

LUNA, H.A. **Manutenção em canais de irrigação revestido em concreto**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

ABNT– Associação Brasileira de Normas e Técnicas. **NBR 7181**: Análise Granulométrica. [S.l.], Dezembro 1984.

ABNT– Associação Brasileira de Normas e Técnicas. **NBR 7182**: Solo – ensaio de compactação. [S.l.], Dezembro 1986.

ABNT– Associação Brasileira de Normas e Técnicas. **NBR 6457**: Solo – Amostras de solo - preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. [S.l.], Dezembro 1986.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 082/94**: Solos – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 049/94**: Solos – determinação do índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 092/94**: Solo – determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 129/94**: Solos – compactação utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro, 1994

BRASIL. IBGE. **Censo Demográfico**, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 18 Jun. 2017.

BRASIL. IBGE. **Rendimento**, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 18 Jun. 2017.

BRASIL. IBGE. **Formas de Abastecimento de Água**, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 18 Jun. 2017.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **Índice de Desenvolvimento Humano Médio**, 2010. Disponível em: <www.atlasbrasil.org.br>. Acesso em: 18 Jun. 2017.

ANEXO A – FICHA DE LABORATÓRIO

PLANO DE CONTROLE DE QUALIDADE							DATA:	
PRODUTO: SUPERVISÃO CAC								
CLASSE: SERVIÇO								
COMPACTAÇÃO DE ATERROS - ENSAIO DE COMPACTAÇÃO - PROCTOR NORMAL								
PLANO DE SEPARAÇÃO DE LOTES Deverá ser realizado para cada 1.000m ³ de material.								
TRECHO:				PROCEDÊNCIA:			NÚMERO DE GOLPES POR CAMADA:	
ESTACA DE COLETA:				LOCALIZAÇÃO:				
LADO (D-X-E):				LABORATORISTA:				
UMIDADE HIGROSCÓPICA				CARACTERÍSTICA DO EQUIPAMENTO				
-	Unidade			MOLDE	Número:	Unidade		
Cápsula nº:	-				Peso (g):	g	5215	
Peso bruto úmido (Pu)	g	50		SOQUETE	Volume (cm ³):	cm ³	2086	
Peso do solo seco (Ps)	g				peso do soquete (g):	g	4536	
Peso da água (Pu - Ps)	g	50			altura de queda (cm):	cm	45,72	
Teor de Umidade	%	#DIV/0!		disco espaçador: 15,00 cm + 0,05cm de diâmetro e de altura igual a 6,35cm + 0,02cm				
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE								
Ponto	Peso bruto úmido	Peso do solo úmido	Densidade do solo úmido	Peso Bruto úmido	Peso do solo seco	Peso da água	Umidade	Densidade do Solo Seco
Nº	(g)	(g)	(g/cm ³)	(g)	(g)	(g)	%	(g/cm ³)
1		-5215	-2,5	50		50	#DIV/0!	#DIV/0!
2		-5215	-2,5	50		50	#DIV/0!	#DIV/0!
3		-5215	-2,5	50		50	#DIV/0!	#DIV/0!
4		-5215	-2,5	50		50	#DIV/0!	#DIV/0!
5		-5215	-2,5	50		50	#DIV/0!	#DIV/0!
<div style="text-align: center;"> <h3>Curva de Compactação</h3> </div>								
RESULTADOS								
Densidade Máxima (g/cm ³)					Umidade Ótima (%)			
#DIV/0!					#DIV/0!			
SITUAÇÃO: #DIV/0!								
Especificações que Embasam este documento:								
- Relatório do Projeto Básico - CAC.PB-T1-REL-GRT1.PJB-EPT-001 - Plano de Qualidade da Obra -DNER - ME 129/94 -Solo - Compactação utilizando amostras não trabalhadas -DNER - ME 047/64 -NBR-7182 - Solo - ensaio de compactação				- Proposta Técnica - PQ 06 - Elaboração e Execução de Planos de Qualidade de Produtos - IQ 01 - Orientações para elaboração e execução de planos de qualidade para gerenciamento, supervisão e fiscalização de obras. - NBR 6457- Amostras de solo - Preparação para ensaio de compactação e ensaios de caracterização - Método de ensaios				

PLANO DE CONTROLE DE QUALIDADE										DATA:
PRODUTO: SUPERVISÃO CAC										
CLASSE: SERVIÇO										
COMPACTAÇÃO DE ATERROS - LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE										
PLANO DE SEPARAÇÃO DE LOTES										
Deverá ser realizado para cada grupo de 10 amostras submetidas ao ensaio de compactação.										
TRECHO:						PROCEDÊNCIA:				
ESTACA DE COLETA:						LOCALIZAÇÃO:				
LADO (D-X-E):						LABORATORISTA:				
AMOSTRA	LIMITE DE LIQUIDEZ					LIMITE DE PLASTICIDADE				
Cápsula nº										
Golpes										
Cápsula + solo úmido (g)										
Cápsula + solo seco (g)										
Peso da cápsula (g)	6,07	6,03	5,72	6,12	6,01	5,67	6,04	6,21	5,86	6,16
Peso da água (g)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peso do solo seco (g)	-6,07	-6,03	-5,72	-6,12	-6,01	-5,67	-6,04	-6,21	-5,86	-6,16
Umidade (%)	0	0	0	26,43	22,34	0	0	0	0	0
RESUMO DOS ENSAIOS										
RESULTADOS						OBSERVAÇÕES				
LIMITE DE LIQUIDEZ %										
LIMITE DE PLASTICIDADE %						-				
ÍNDICE DE PLASTICIDADE %						0				
SITUAÇÃO: Material ATENDE aos critérios da Especificação Técnica (LL<35 ou LL<40 e IP >(0,6LL-9)										
Especificações que Embasam este documento:										
<ul style="list-style-type: none"> - Relatório do Projeto Básico - CAC.PB-T1-REL-GRT1.PJB-EPT-001 - Plano de Qualidade da Obra - DNER - ME 082/94 - Solo - Determinação do limite de plasticidade 						<ul style="list-style-type: none"> - PQ 06 - Elaboração e Execução de Planos de Qualidade de Produtos - IQ 01 - Orientações para elaboração e execução de planos de qualidade para gerenciamento, supervisão e fiscalização de obras. 				

PLANO DE CONTROLE DE QUALIDADE						DATA:	
PRODUTO: SUPERVISÃO CAC							
CLASSE: SERVIÇO							
COMPACTAÇÃO DE ATERROS - GRANULOMETRIA							
PLANO DE SEPARAÇÃO DE LOTES							
Deverá ser realizado para cada grupo de 10 amostras submetidas ao ensaio de compactação.							
TRECHO:				PROCEDÊNCIA:			
ESTACA DE COLETA:				LOCALIZAÇÃO:			
LADO (D-X-E):				LABORATORISTA:			
UMIDADE		%	AMOSTRA		TOTAL	PARCIAL	
-	Unidade		-	Unidade			
Cápsula nº:	-		Cápsula nº:	-			
Peso bruto úmido (Pu)	g		Peso úmido	g			
Peso do solo seco (Ps)	g		Peso Retido na peneira nº 10	g			
Peso da água (Pu - Ps)	g		Peso Úmido passando na peneira nº10	g			
Teor de Umidade	%	#DIV/0!	Peso Seco passando na peneira nº 10	g	#DIV/0!		
			Peso da amostra Seca	g	#DIV/0!	#DIV/0!	
PENEIRAMENTO							
AMOSTRA TOTAL	Peneiras		Peso Retido Parcial	Peso que Passa Acumulado	% que Passa Amostra Total	CONSTANTES	
	Pol	mm	g	g	g		
	2"	50,8		#DIV/0!	100	K1 = 100/ Peso da amostra seca total	#DIV/0!
	1 1/2"	38,1		#DIV/0!	100		
	1"	25,4		#DIV/0!	#DIV/0!	K2 = % que passa na peneira nº 10 / Peso da amostra seca parcial	#DIV/0!
	3/4"	19,1		#DIV/0!	#DIV/0!		
	Nº4	4,8		#DIV/0!	#DIV/0!		
Nº10	2,0		#DIV/0!	#DIV/0!			
AMOSTRA PARCIAL	Nº40	0,42		#DIV/0!	#DIV/0!		
	Nº200	0,074		#DIV/0!	#DIV/0!		
<p style="text-align: center;">Curva Granulométrica</p>							
Especificações que Embasam este documento:							
<ul style="list-style-type: none"> - Relatório do Projeto Básico - CAC.PB-T1-REL-GRT1.PJB-EPT-001 - Plano de Qualidade da Obra - NBR 7181 - Análise Granulométrica 				<ul style="list-style-type: none"> - PQ.06 - Elaboração e Execução de Planos de Qualidade de Produtos - IQ.01 - Orientações para elaboração e execução de planos de qualidade para gerenciamento, supervisão e fiscalização de obras. 			

PLANO DE CONTROLE DE QUALIDADE										DATA:
PRODUTO: SUPERVISÃO CAC										
CLASSE: SERVIÇO										
COMPACTAÇÃO DE ATERROS - LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE										
PLANO DE SEPARAÇÃO DE LOTES										
Deverá ser realizado para cada grupo de 10 amostras submetidas ao ensaio de compactação.										
TRECHO:						PROCEDÊNCIA:				
ESTACA DE COLETA:						LOCALIZAÇÃO:				
LADO (D-X-E):						LABORATORISTA:				
AMOSTRA	LIMITE DE LIQUIDEZ					LIMITE DE PLASTICIDADE				
Cápsula nº										
Golpes										
Cápsula + solo úmido (g)										
Cápsula + solo seco (g)										
Peso da cápsula (g)	6,07	6,03	5,72	6,12	6,01	5,67	6,04	6,21	5,86	6,16
Peso da água (g)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peso do solo seco (g)	-6,07	-6,03	-5,72	-6,12	-6,01	-5,67	-6,04	-6,21	-5,86	-6,16
Umidade (%)	0	0	0	26,43	22,34	0	0	0	0	0
RESUMO DOS ENSAIOS										
RESULTADOS						OBSERVAÇÕES				
LIMITE DE LIQUIDEZ %										
LIMITE DE PLASTICIDADE %						-				
ÍNDICE DE PLASTICIDADE %						0				
<p style="text-align: center;">Limite de Liquidez</p>										
SITUAÇÃO: Material ATENDE aos critérios da Especificação Técnica (LL<35 ou LL<40 e IP >(0,6LL-9)										
Especificações que Embasam este documento:										
<ul style="list-style-type: none"> - Relatório do Projeto Básico - CAC.PB-T1-REL-GRT1.PJB-EPT-001 - Plano de Qualidade da Obra - DNER - ME 082/94 - Solo - Determinação do limite de plasticidade 						<ul style="list-style-type: none"> - PQ 06 - Elaboração e Execução de Planos de Qualidade de Produtos - IQ 01 - Orientações para elaboração e execução de planos de qualidade para gerenciamento, supervisão e fiscalização de obras. 				

PLANO DE CONTROLE DE QUALIDADE										DATA:	
PRODUTO: SUPERVISÃO CAC											
CLASSE: SERVIÇO											
COMPACTAÇÃO DE ATERROS - ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA - CBR											
PLANO DE SEPARAÇÃO DE LOTES											
Deverá ser realizado para cada grupo de 04 amostras superiores submetidas ao ensaio de compactação.											
TRECHO:				PROCEDÊNCIA:							
ESTACA DE COLETA:				LOCALIZAÇÃO:							
LADO (D-X-E):				LABORATORISTA:							
UMIDADE HIGROSCÓPICA						MOLDAGEM		MOLDE Nº			
-		Unidade				-		Peso do Molde		5220	
Cápsula nº:		-						Volume do Molde		2085	
Peso bruto úmido (Pu)		g		50		50		Nº de Camadas			
Peso do solo seco (Ps)		g						Golpes/Camada			
Peso da água (Pu - Ps)		g		50		50		Peso do Soquete		4536	
Teor de Umidade		%		#DIV/0!		#DIV/0!		disco espaçador: 15,00 cm + 0,05cm de diâmetro e de altura igual a 6,35cm + 0,02cm			
DADOS DE COMPACTAÇÃO						CÁLCULO DA ÁGUA				Anel Din.	
-		Unidade				Peso do Solo passando na peneira nº 4 (úmido)				Nº	
Densidade Máxima		kg/m³		#DIV/0!		Peso do Solo passando na peneira nº 4 (seco)		#DIV/0!		Constante k=	
Umidade ótima		%		#DIV/0!		Peso do Pedregulho Retido na peneira nº 4					
Umidade Higroscópica		%		#DIV/0!		Água a juntar		#DIV/0!			
Diferença de Umidade		%		#DIV/0!							
ENSAIO DE PENETRAÇÃO								MOLDE Nº:			
Tempo		Penetração		Leitura		Pressão - Kg/cm²		Dia /Hora		Leitura	
min		Pol		Extensão		Determ.				Corrigido	
		mm				Padrão				Exp.	
0		0		0		0				mm	
0,5		0,025		0,63		0		0		0,00	
1		0,05		1,27		0		0		0,00	
2		0,1		2,54		0		70,31		0,00	
4		0,2		5,08		0		105,46		0,00	
6		0,3		7,62		0		131,58		0,00	
8		0,4		10,16		0		161,71		0,00	
10		0,5		12,7		0		182,8		0,00	
MOLDAGEM DE VERIFICAÇÃO											
Peso Bruto úmido (g):											
Peso úmido (g):											
Densidade úmida (g/cm³)											
Densidade Seca (g/cm³)											
Grau de Compactação (%)											
RESULTADO CBR:											
0,00											
SITUAÇÃO: Material NÃO ATENDE aos critérios da Especificação Técnica (CBR >3 e Expansão menor que 4%)											
Especificações que Embasam este documento:											
- Relatório do Projeto Básico - CAC.PB-T1-REL-GRT1.PJB-EPT-001						- IQ 01 - Orientações para elaboração e execução de planos de qualidade para gerenciamento, supervisão e fiscalização de obras.					
- Plano de Qualidade da Obra											
- NBR 9895 - Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas - Método de ensaio											
- DNER-ME 49/94 - Ensaio de Índice Suporte Califórnia - ISC											

ANEXO B – FICHA *IN SITU*

PLANO DE CONTROLE DE QUALIDADE					
PRODUTO: SUPERVISÃO CAC					
CLASSE: SERVIÇO					
COMPACTAÇÃO DE ATERROS - DENSIDADE "IN SITU" - MÉTODO DO FRASCO DE AREIA					
CONTROLE DE ACEITAÇÃO					
PLANO DE SEPARAÇÃO DE LOTES					
Deverá ser realizado o ensaio para cada 100m³ de camada de aterro, alternadamente no eixo e nas bordas.					
CARACTERÍSTICAS DO SOLO					
Procedência:		Umidade Ótima (%):			
Sub-Trecho:		Densidade Máxima (g/cm ³) - msl :			
REGISTRO					
DATA					
ESTACA DO FURO					
CAMADA					
BERMA (B/D - EX - B/E)					
POSIÇÃO (E-X-D)					
PROFUNDIDADE DO FURO (cm)					
DETERMINAÇÃO DO PESO DA AREIA CORRESPONDENTE AO VOLUME DO FUNIL E DO REBAIXO DO ORIFÍCIO NA BANDEJA					
-	Unidade				
PESO DO CONJUNTO FRASCO + FUNIL (P1) ANTES DO ENSAIO	g				
PESO DO CONJUNTO FRASCO + FUNIL (P2) APÓS ENSAIO	g				
PESO DA AREIA DESLOCADA (P3 = P1 - P2)	g				
DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE DA AREIA					
-	Unidade				
PESO RESTANTE DA AREIA NO FUNIL (P4)	g				
PESO DA AREIA NO FURO (P5=P1 - P2 - P4)	g				
VOLUME DO CILINDRO (Vcil)	cm ³				
MASSA ESPECÍFICA APARENTE DA AREIA (μa = P5/Vcil)	g/cm ³				
DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE DO SOLO, "in situ"					
-	Unidade				
PESO DO SOLO EXTRAÍDO DA CAVIDADE - SOLO ÚMIDO (Ph)	g				
UMIDADE DO SOLO EXTRAÍDO DA CAVIDADE (h)	h				
MASSA ESPECÍFICA APARENTE DO SOLO SECO "in situ" (μs = (μa * 100*Ph) / (100 + h))	g/cm ³				
MASSA ESPECÍFICA APARENTE DO SOLO ÚMIDO "in situ" (μh = (μs)/P5)	g/cm ³				
DESVIO DE UMIDADE					
GRAU DE COMPACTAÇÃO (μs / μsl)	%				
O material deve apresentar Teor de Umidade Ótima variando em 2% do valor obtido em laboratório					
O grau de compactação encontrado deve ser entre 97% e 100%					
Especificações que Embasam este documento:					
- Relatório do Projeto Básico - CAC.PB-T1-REL-GRT1.PJB-EPT-001			- PQ.06 - Elaboração e Execução de Planos de Qualidade de Produtos		
- Especificação Técnica da Obra			- IQ.01 - Orientações para elaboração e execução de planos de qualidade para gerenciamento, supervisão e fiscalização de obras.		
-DNER- ME 092/94 - Solo - Determinação da massa específica aparente "in situ", com emprego do frasco de areia					
Responsável/Cargo:			Assinatura:		

PLANO DE CONTROLE DE QUALIDADE				
PRODUTO: SUPERVISÃO CAC				
CLASSE: SERVIÇO				
COMPACTAÇÃO DE ATERRO				
CONTROLE DE PROCESSO				
PLANO DE SEPARAÇÃO DE LOTES				
O serviço deverá ser realizado para cada 100m³ de camada de aterro , alternadamente no eixo e nas bordas.				
Segmento:				
Camada:				
CRITÉRIOS PARA APROVAÇÃO				
- Para a aprovação do lote, os seguintes itens de inspeção deverão ser atendidos:				
ITEM DE INSPEÇÃO	CRITÉRIO PARA APROVAÇÃO	MÉTODO DE VERIFICAÇÃO	TOLERÂNCIA	STATUS
Preparação do terreno	A distância entre os sulcos não deverá exceder 30cm e deverão ter entre 5 e 7cm de profundidade	Trena metálica	-	
	Solo isento de pedras e torrões com mais de 10cm, de raízes ou de qualquer matéria orgânica	Visual	-	
	Realização de escalonamento nos trechos de seção mista (corte e aterro)	Visual	-	
Locação	Piquetes de controle geométrico para determinação da espessura da camada com marcações realizadas pela equipe de topografia com espessura máxima do aterro de 20,0cm	Visual	(+ / - 2,0cm)	
Espessura da camada - após compactação	Cota da superfície do aterro com marcação dos piquetes em conformidade com as marcações realizadas pela equipe de topografia	Visual	(+ / - 2,0cm)	
Finalização do processo de compactação	Proteção contra ação erosiva das águas, trânsito e de outros agentes que possam danificá-los	Visual	-	
LEGENDA (CRITÉRIO):	AINDA NÃO INSPECIONADO	CONFORME	NÃO CONFORME	NÃO SE APLICA
	em branco	C	NC	NA
OCORRÊNCIA DE NÃO CONFORMIDADE E TRATAMENTO				
Descrição do problema	Solução Proposta		Reinspeção	
Especificações que Embasam este documento:				
- Relatório do Projeto Básico - CAC.PB-T1-REL-GRT1.PJB-EPT-001 - Plano de Qualidade da Obra - Especificação Técnica da Obra - DNIT 108/2009 - Terraplenagem - Aterros - Especificação de Serviço			- PQ.06 - Elaboração e Execução de Planos de Qualidade de Produtos - IQ.01 - Orientações para elaboração e execução de planos de qualidade para gerenciamento, supervisão e fiscalização de obras.	
Responsável/Cargo:	Assinatura:	Data de início da inspeção:	Data Fim da inspeção:	