



Universidade Federal da Paraíba
Pró-Reitoria para Assunto do Interior
Centro de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharia Civil
Área de Recursos Hídricos



Relatório de Estágio Supervisionado

Fabricio Daniel Ferreira de Freitas

Campina Grande – Paraíba
setembro de 1999

FABRICIO DANIEL FERREIRA DE FREITAS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS

Orientador:

Raimundo Sérgio Santos Gois



Biblioteca Setorial do CDSA. Agosto de 2021.

Sumé - PB

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTO DO INTERIOR
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Raimundo Sérgio Santos Gois
Orientador

Fabício Daniel Ferreira de Freitas
Estagiário

Campina Grande – Paraíba
setembro de 1999

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus por permitir que o objetivo desse estágio fosse alcançado, proporcionando força e tranquilidade para superar os obstáculos que surgiram no decorrer do mesmo.

Aos meus familiares que sempre me apoiaram nesta caminhada.

A todos os professores do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba - Campus II, que não mediram esforços na nossa instrução, procurando sempre a formação de bons profissionais.

E finalmente a todos os colegas de curso que nunca deixaram de incentivar e estimular durante esses cinco anos em que permaneci nesta Escola.

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO	1
2. INTRODUÇÃO	2
3. DESCRIÇÃO DOS SOFTWARES E MÉTODOS UTILIZADOS NA IMPLANTAÇÃO DA ADUTORA	3
3.1. GPS (GEOGRAFIC POSICION SYSTEM)	3
3.1.1. Apresentação.....	3
3.1.2. O Princípio Básico	4
3.1.3. Principais Fonte de Erro	8
3.1.4. Interação do GPS com a Topografia.....	8
3.2. LEVANTAMENTO ALTIMETRICO	11
3.2.1 Definição de altimetria.....	11
3.2.2. Métodos Gerais de Nivelamento	11
3.2.3. Aparelhos de Nivelamento.....	12
3.2.4. Nivelamento geométrico.	14
3.2.5. Levantamento altimétrico.	18
3.3. LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO.....	21
3.3.1 Definição de Planimetria.....	21
3.3.2 Processo de Levantamento Planimétrico.....	21
3.3.3 Cadernetas de Planimetria	22
4. DADOS DA ADUTORA.....	24
5 – PROCEDIMENTO PARA PROJETO DE ADUTORA DO CARIRI	25
5.1 – LOCALIZAÇÃO.....	25
5.2. DETERMINAÇÃO DO PERFIL.....	25
6. CÁLCULOS DO SISTEMA DE RECALQUE - ADUTORA DO CARIRI.....	26

6.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	26
6.2. DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA I ATÉ ESTAÇÃO ELEVATÓRIA II.....	28
6.2.1. <i>Características Gerais do Sistema Adutor</i>	28
<i>Dimensionamento da Sucção</i>	28
6.2.3. <i>Tubulação de Recalque no Interior da Estação Elevatória</i>	30
6.2.4. <i>Perda de Carga ao Longo do Recalque</i>	31
6.2.5. <i>Altura Manométrica</i>	32
6.2.6. <i>Potência dos Conjuntos Elevatórios</i>	32
6.2.7. <i>Análise de Cavitação</i>	34
6.2.8. <i>Análise do Golpe de Ariete na Linha Adutora</i>	35
6.2.9. <i>Definição das Classes de Pressão nos Trechos da Adutora</i>	37
6.3. CONJUNTOS ELEVATÓRIOS PARA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS: TRECHO - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA I ATÉ O RESERVATÓRIO DE LAVAGEM, R_L	40
6.3.1. <i>Características gerais do Sistema Adutor</i>	40
6.3.2. <i>Dimensionamento da Sucção</i>	40
6.3.3. <i>Tubulação de Recalque no Interior da Estação Elevatória</i>	42
6.3.4. <i>Perda de Carga ao Longo do Recalque</i>	43
6.3.5. <i>Cálculo dos conjuntos Elevatórios</i>	43
6.3.6. <i>Potência dos Conjuntos Elevatórios</i>	44
6.3.7. <i>Análise de Cavitação</i>	45
6.3.8. <i>Análise do Golpe de Ariete na Linha Adutora</i>	45
7. CONCLUSÃO	48
8. BIBLIOGRAFIA	49

1. APRESENTAÇÃO

Este relatório é referente as atividades acompanhadas pelo aluno do curso de **ENGENHARIA CIVIL** da Universidade Federal da Paraíba - Campus II, Campina Grande *Fabricio Daniel Ferreira de Freitas*, matriculado neste curso, sob o número de matrícula 9321275-4.

Tendo o objetivo de familiarizar o estudante de engenharia com o problemas enfrentados na elaboração do projeto e implantação de uma obra - local onde este exercerá sua atividade profissional - com os métodos empregados na execução das diferentes partes desta, pondo assim em prática os conhecimentos teóricos adquiridos durante o tempo em que esteve na UNIVERSIDADE. Procurando assim, adquirir um maior volume de informações, que sem dúvida nenhuma serão importante durante a sua vida profissional.

O estágio teve uma realização semanal de 20 horas, desde o dia 26 de abril até o presente momento, tendo como supervisor o professor **Raimundo Sérgio Santos Gois**, e como coordenadora, a professora **Maria Constância Ventura Crispim Muniz**.

2. INTRODUÇÃO

Este estágio foi realizado durante os estudos e projetos de implantação da Adutora do Cariri, situado na região do Cariri Paraibano, tendo por objetivo o abastecimento das cidades de Boqueirão, Boa Vista, Soledade e Juazeirinho. Com 75 l/s de água provenientes do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão).

O estágio teve o seu início quando da implantação da Adutora ainda na fase de escritório (estudos em planta) e se estendeu até o acompanhamento da implantação dos sistemas de adução, segundo os itens apresentados a seguir:

- Definição do traçado da Adutora. Que consiste em análise de dados de GPS, lançados na Carta da SUDENE;
- Levantamentos: Planimétricos e Altimétricos. Realizados em campo através da utilização de Teodolito e Nível;
- Processamento dos dados de campo. Onde processou-se estes dados no software Topo Evn, com o auxílio de planilha Excel;
- Elaboração do perfil longitudinal da Adutora. Elemento necessário para lançamento e dimensionamento da tubulação;
- Projeto da tubulação de adução. Aonde determinou-se as perdas de carga e dimensionou-se as instalações de bombeamento.

3. DESCRIÇÃO DOS SOFTWARES E MÉTODOS UTILIZADOS NA IMPLANTAÇÃO DA ADUTORA

A seguir serão apresentados os conceitos e metodologias utilizados no desenvolvimento deste trabalho, conforme hifenização apresentada no capítulo anterior.

3.1. GPS (GEOGRAFIC POSICION SYSTEM)

3.1.1. Apresentação

A idéia da utilização de corpos celestes para navegação acompanha o homem desde os primórdios da humanidade e, ao que tudo indica, este continuará durante muito tempo utilizando corpos celestes para se orientar, agora utilizando corpos dispostos convenientemente no espaço e sob seu inteiro controle.

Daí surgiu a necessidade de se criar um sistema e que foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa Norte-Americano para fins militares, veio ao público durante a guerra do Golfo Pérsico e posteriormente foi liberado para uso civil. Este sistema consiste de uma rede de satélites em órbita circular, posicionados a cerca de 20.000 km de altura e, no que diz respeito ao uso civil, destina-se a prover continuamente (24 horas por dia), em qualquer condição meteorológica e em qualquer lugar do globo terrestre, posições geográficas bastante precisa incluindo informações de velocidade, deslocamento e tempo, para veículos terrestres, marítimos e aeronáuticos dotados de receptores GPS. Os planos orbitais destes satélites foram arranjados de maneira que os mesmos foram uma teia no céu permitindo que em qualquer lugar sempre quatro ou mais satélites estejam acima do horizonte.

Normalmente os receptores obtêm dados de oito ou mais satélites. Maior precisão na posição é obtida quando os satélites considerados no cálculo estão mais afastados entre si. A escolha dos satélites é efetuada automaticamente pelo receptor GPS levando em consideração o melhor posicionamento disponível. Recentemente surgiram no mercado receptores GPS que operam com doze satélites, o que diminui a margem de erro. Entretanto, o Departamento de Defesa Norte- Americano pode intencionalmente, para fins estratégicos, reduzir esta precisão em todos aparelhos de uso civil, em cerca de 3 a 4 vezes, por intermédio do que se chama SAP (Selective Availability Program).

A idéia da utilização de corpos celestes para navegação acompanha o homem desde os primeiros da humanidade e, ao que tudo indica, este continuará durante muito tempo utilizando corpos celestes para se orientar, mas, agora, utilizando corpos dispostos convenientemente no espaço e sob seu inteiro controle.

3.1.2. O Princípio Básico

O funcionamento do sistema GPS se baseia no princípio da triangularização, segundo o qual o observador conhece a posição de um conjunto de satélites em relação a um referencial inercial e a sua posição em relação a este conjunto, e obtém sua própria posição no sistema de referência. O sistema de referência utilizado pelo sistema GPS é o WGS (WGS – 72 até 1986 e WGS – 84 a partir de 1987).

O GPS é dividido em três segmentos principais:

- a) segmento espacial, constituído pelos satélites;
- b) segmento de controle, constituído pelas estações terrestres que controlam o desempenho e o funcionamento do sistema;

c) segmento usuário, constituído pelos usuários do sistema.

A figura 1 apresenta os parâmetros básicos utilizados pelo GPS na determinação da posição do usuário.

Definindo:

= posição do usuário;

= posição do i-ésimo satélite;

= posição do usuário em relação ao i-ésimo satélite.

Assim, admitindo (X_u, Y_u, Z_u) , temos a relação: $(X_u - X_i)^2 + (Y_u - Y_i)^2 + (Z_u - Z_i)^2 = R^2$. Cada satélite i transmite sua posição (X_i, Y_i, Z_i) e o instante de transmissão T_o .

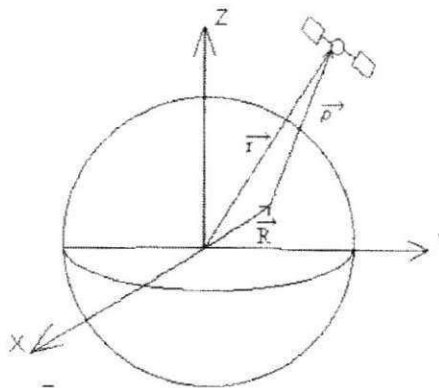


Figura 1 – O Princípio Básico do GPS

O usuário possui um receptor que mede os intervalos de tempo de propagação decorridos a partir da transmissão do sinal pelo i-ésimo satélite. Considerando uma perfeita sincronização dos relógios e desprezando os efeitos de distorção da ionosfera, efeitos relativísticos e outros.

Se há desvios de sincronização dos relógios, δt é o erro correspondente ao desvio dos relógios.

Assim, necessitamos dos dados de quatro satélites observados simultaneamente, para obter um sistema de quatro equações, e determinar X_u , Y_u , Z_u , b_u .

É importante ressaltar que, dependendo da geometria relativa dos satélites, o sistema de equações pode não ter solução. Além disso, se mais de quatro satélites são observados simultaneamente, existe um conjunto de quatro que fornece a solução com menor erro.

De modo a se ter um mínimo de quatro satélites visíveis simultaneamente 24 horas por dia, em posição conveniente, foi concebida inicialmente uma constelação de 24 satélites, sendo três reservas (figura 2). Esses satélites estariam divididos em 3 órbitas quase circulares, com período de 11 h 58 min (metade do período de rotação da Terra, com semi-eixo maior de aproximadamente 26.500 km), inclinadas de 63 e espaçadas de 120°. Dez satélites foram lançados com essas características. Devido a aspectos econômicos, o sistema foi inicialmente alterado para 18 satélites (e mais três reservas), arranjados em seis planos orbitais inclinados de 55° com argumentos do perigeu de 0°, 120° e 240° e longitudes do nodo ascendente de 0°, 60°, 120°, 180°, 240° e 300°. Atualmente os 27 satélites estão operacionais.

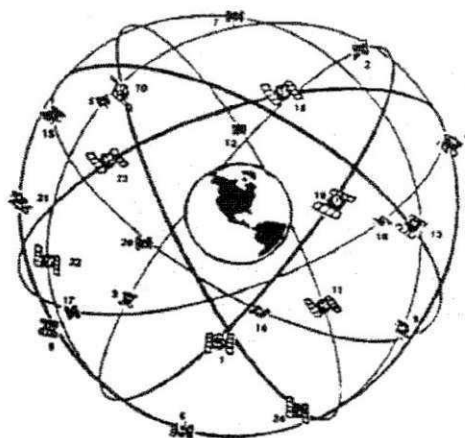


Figura 2

A mensagem transmitida por cada satélite ao usuário contém:

- a) parâmetros para correção do relógio do satélite
- b) efemérides do satélite
- c) almanaque e “saúde” de todos os satélites
- d) dados para correção da propagação ionosférica
- e) parâmetros para correções orbitais
- f) código de identificação

As frequências de transmissão utilizadas pelos satélites são as seguintes:

1) comunicação com os usuário – Link de Transmissão:

a – LINK (L1) – portadora de 1575,42 MHz, níveis de 160 a 163 dBW e modulação em fase;

b – LINK (L2) – portadora de 1227,60 MHz, níveis de – 166 dBW e modulação em fase.

2) comunicação com as estações de controle – Link de Recepção: BANDA- S = 2227,50 MHz.

3) comunicação com as estações de controle – Link de Recepção: BANDA- S = 1783,74 MHz.

Os códigos de identificação utilizados são os seguintes:

a - código P (Precision), para uso militar;

b – código C/A (Course/Acquisition), para uso civil.

Esses códigos são do tipo ruído pseudoaleatório e permitem que a mensagem de posição do satélite transmitida para o usuário seja, eventualmente, acrescida de ruído, não necessariamente Gaussiano, que deteriora a precisão com que o usuário irá determinar a sua posição.

3.1.3. Principais Fonte de Erro

As principais fontes de erro do GPS são as seguintes:

- a – erro devido à geometria dos satélites com relação ao observador;
- b – desvios dos relógios dos satélites;
- c – atraso de propagação e processamento dos sinais pelos circuitos dos satélites;
- d – erros devido a trajetórias múltiplas dos sinais;
- e – efeitos da atmosfera sobre a velocidade e a trajetória de propagação dos sinais transmitidos;
- f – erros devidos à resolução e ruído do receptor do usuário;
- g – erro na determinação da posição dos satélites (erro de efeméride).

Comentando sobre alguns erros na determinação das efemérides, mencionamos que, devido às características de suas órbitas, os satélites do GPS estão submetidos às seguintes perturbações: potencial terrestre, atração lunissolar e pressão de radiação solar (incluindo os efeitos da sombra da Terra). Devido à comensurabilidade do período do satélite com o período de rotação da Terra, uma perturbação adicional (ressonância) aparece.

Para se conseguir a precisão necessária para algumas aplicações específicas, todas essas perturbações devem ser consideradas simultaneamente.

3.1.4. Interação do GPS com a Topografia

Nos últimos quinze anos, a cartografia convencional e a análise espacial de dados sofreram profundos modificações, basicamente marcadas pelo advento da micro- informática que possibilitou o uso generalizado de sistemas computacionais para desenho, consulta,

armazenamento e ligações de dados espaciais, até então tratados de maneira manual, por impressões offset de cartas e outros documentos cartográficos, armazenados em mapotecas em papel.

Paralelamente, os métodos de coletas de dados de campo evoluíram até um patamar, sem precedentes, de precisão, rapidez confiabilidade dos dados, e riqueza de detalhes, tais que revolucionaram os conceitos de topografia, aerofotogrametria, geodésia e restituição cartográfica através de Batimetrias.

No campo de desenho, edição, armazenamento e análise complexa de dados espaciais surgiam os CADs (“Computer Aided Design”) e os chamados GIS (“Geographical Information System”) capazes de proezas inimagináveis à vinte anos atrás, tais como: Restituição digital de fotografias aéreas; - Edição e plotagem de documentos cartográficos totalmente automatizadas; Digitalização óptica por varredura de documentos cartográficos antigos, para atualização com auxílio de imagens por satélite, através do sensoriamento remoto orbital ; - Geração de banco de dados georreferenciados, para análise, pesquisa, consulta, verificação das enter - relações espaciais entre os elementos gráficos; - Geração e plotagens automáticas de outros documentos cartográficos, derivados da integração de informações multidisciplinares, aos dados espacialmente representados; entre outros...

Na coleta de dados de campo, as técnicas geodésicas e topográficas para determinações de ângulos e distâncias utilizadas para a obtenção de coordenadas BI ou Tridimensionais sobre a superfície terrestre, através de complexas e intermináveis cadernetas de campo, preenchidas com dados de instrumentos ópticos e mecânicos tais como teodolitos, goniômetros – bússola, níveis e trenas, tornaram-se tão obsoletos que nos dias atuais são utilizados, somente para locações de obras de engenharia civil, que não necessitam de maiores

precessões. Com efeitos, a associação da eletrônica fina à instrumentos mecânicos deram origem a uma nova ciência, cuja definição envolve um neologismo chamado de “mecatrônica”.

Sistemas inteligentes de visualizações ópticas e determinações de distâncias, por miras “Laser” ou infravermelhas, integradas nas conhecidas estações totais (“Total Station”), dotadas de cadernetas eletrônicas, foram um grande avanço, nessas ciências.

Contudo, algo ainda mais extraordinário surgiu, como resultado das primeiras pesquisas sobre distanciômetros utilizados na Segunda grande guerra mundial, baseados em frequências de rádio muito altas (bandas de microondas S, K, X, C, L e P). Foi a geodésia por satélites geoposicionadores baseados em RADAR, cujo primeiro sistema orbital, operacionalmente explorado, foi o NNSS/ Transit (“Navy Navigational Satellite System”), desenvolvido pela marinha dos Estados Unidos, com finalidade básica da navegação e posicionamento de belonaves americanas sobre superfície, em meados dos anos 60. De fato, este sistema esteve operacional até o início de 1993, e foi largamente utilizado em geodésia de apoio de campo à aerofotogrametria de regiões de difícil acesso, como a Amazônia.

Hoje, o sistema de Posicionamento Global (GPS), com a constelação NAVSTAR (“Navigation System With Timing and Ranging”) totalmente completa e operacional, ocupa o primeiro lugar entre os sistemas e métodos utilizados pela topografia, geodésia, aerofotogrametria, navegação aérea e marítima, e quase todas as aplicações em geoprocessamento que envolvam dados de campos.

3.2. LEVANTAMENTO ALTIMETRICO

3.2.1 Definição de altimetria

A altimetria ou nivelamento é parte da topometria que determina a posição em sentido vertical, dos pontos da superfície da Terra. Essa determinação permite conhecer melhor a porção da superfície terrestre levantada e, por sua vez, dá condições de poder representá-la de modo completo.

É o conjunto de operações que tem por finalidade a determinação da diferença de nível entre dois pontos, ou entre vários pontos e um ponto chamado de “Referência de Nível”(RN).

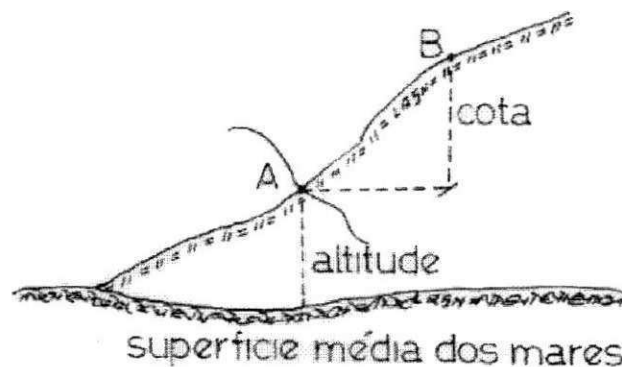


Figura 3 - Referência de Nível

3.2.2 Métodos Gerais de Nivelamento

A altimetria compreende dois métodos gerais; o primeiro refere todas as medidas ao nível verdadeiro, e o segundo ao nível aparente.

- Referente ao NV- 1) Método Barométrico;

- Referente ao NA- 2) Método Geométrico,
3) Método Trigonométrico.

Tipos de nivelamento segundo sua ordem de precisão teremos:

- 1º Nivelamento Geométrico;
- 2º Nivelamento Trigonométrico;
- 3º Nivelamento Barométrico.

3.2.3. Aparelhos de Nivelamento

Nível – utilizado para a determinação de um plano horizontal.

Mira – medida das linhas retas verticais.

Níveis (tipos):

a) Instrumentos que dão uma linha de visada horizontal ou um plano horizontal descrito pela linha de visada girando em torno do eixo principal do aparelho:

- Nível de pedreiro
- Nível d'água
- Nível de bolha.

b) Instrumentos que dão os ângulos verticais que a linha de visada faz com a horizontal passando pelo centro do instrumento.

- Eclímetros ou clinômetros.

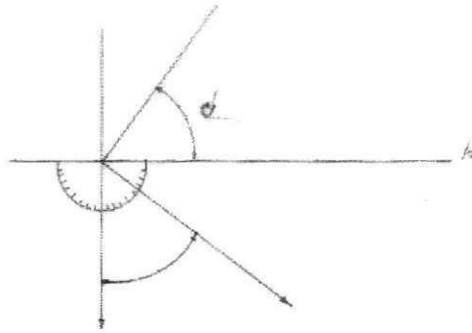


Figura 4 - Eclímetro

c) Dão a inclinação da linha de visada pela tangente trigonométrica do ângulo da linha formado com a horizontal.

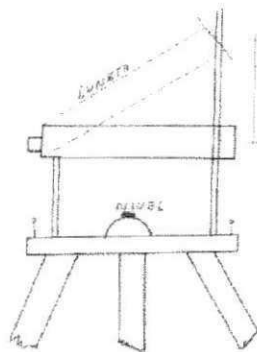


Figura 5 - Clisímetro

- Clisímetros.

d) Dão o ângulo vertical de visada e o ângulo azimutal.

- Clisigoniômetros.

Miras- régua graduadas.

3.2.4. Nivelamento geométrico.

Consiste em determinar um plano horizontal e as intersecções dele com uma série de verticais tiradas pelos pontos a nivelar, e em seguida determinar as distâncias desses pontos a esse plano o qual toma o nome de plano de referência.

4.2.4.1. Tipos de nivelamento geométrico:

Nivelamento expedito- é um nivelamento rápido, pode ser efetuado por um jogo de réguas.

Nivelamento de precisão- uso de nível de luneta e/ou teodolito. Para o nesse caso usou-se um nível eletrônico conforme figura 6. Pode ser:

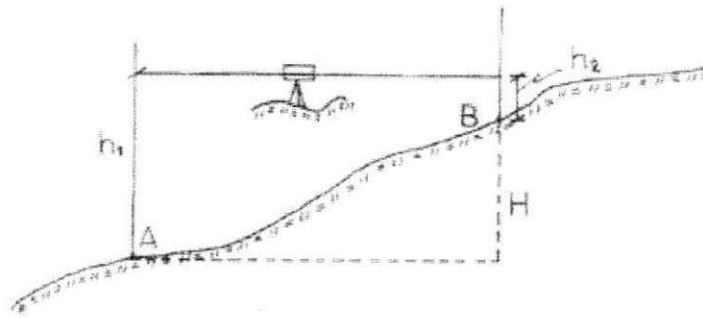
a) Simples - Sejam dois pontos A e B cuja diferença de altura h pretende-se determinar, sendo que o ponto A tem cota ou altitude conhecida ou fixada e o ponto B pretende-se determinar. Para determinar esta diferença de altura, procede-se da seguinte maneira:

1) Estaciona-se com o nível de bolha num ponto do terreno de onde pode-se visar numa mesma horizontal uma régua graduada (mira), colocada nos pontos A e B verticalmente.

2) Efetua-se a leitura da mira colocada no ponto A e essa leitura h_1 é chamada visada a ré.

3) Efetua-se a leitura da mira colocada no ponto B a determinar, e essa leitura h_2 é chamada visada a vante.

4) A diferença de altura entre os pontos A e B é:



$$H = h_1 - h_2$$

Figura 6 - Nivelamento Simples

b) Composto - Acontece frequentemente, que os pontos A e B estejam muito distantes ou apresentem diferenças de alturas maiores do que a mira ou estadia (4 a 6m). Nesses casos, realiza-se um nivelamento composto, com mais de uma estação tantas quantas forem necessárias, conforme figura 7. Os pontos intermediários são chamados pontos de mudança ou pontos auxiliares.

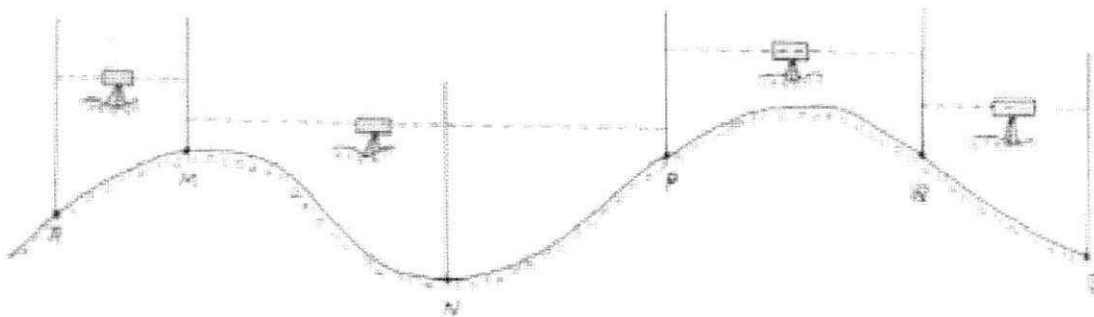


Figura 7 - Nivelamento Composto

Neste caso, a diferença de altura entre os pontos A e B será:

$$H = \sum \text{ré} - \sum \text{vante.}$$

Para os serviços do nivelamento geométrico emprega-se os seguintes materiais:

- 1- Nível de bolha;
- 2- Mira.

Caderneta de campo

ESTACA	VISADA RÉ	VISADA VANTE		ALTURA DO INSTRUMENTO	COTA
		INTERMEDIÁRIA	MUDANÇA		
A					500,00
AUX 1	3,210			503,210	
M			0,970		502,240
AUX 2	0,650			502,890	
N		2,830			500,060
P			1,250		501,640
AUX 3	3,760			505,400	
Q			4,050		501,350
AUX4	0,870			502,420	
B			2,980		499,400

A altura do instrumento é igual à soma da visada ré com a cota do ponto onde a mesma foi feita:

$$AI = C_A + V_B$$

A cota de um ponto, em função da altura do instrumento, é a diferença entre tal altura e a visada vante lida no mesmo ponto:

$$C_D = AI - V_v$$

Visada vante intermediária- é a visada nos pontos visíveis do ponto em que estiver estacionado o nível, menos o último ponto, que será determinado de visada vante de mudança.

Visada vante de mudança- é a visada efetuada no último ponto e corresponderá ao ponto de ré, no próximo ponto de estacionamento do nível.

O nivelamento geométrico composto ainda pode ser:

- b.1) De uma poligonal aberta;
- b.2) De uma poligonal fechada.

b.1) Nivelamento de uma poligonal aberta:

É o caso mais comum de nivelamento e o empregado nesta Adutora. Nele é necessário conferir o nivelamento através de outro, em sentido contrário, denominado de contra-nivelamento.

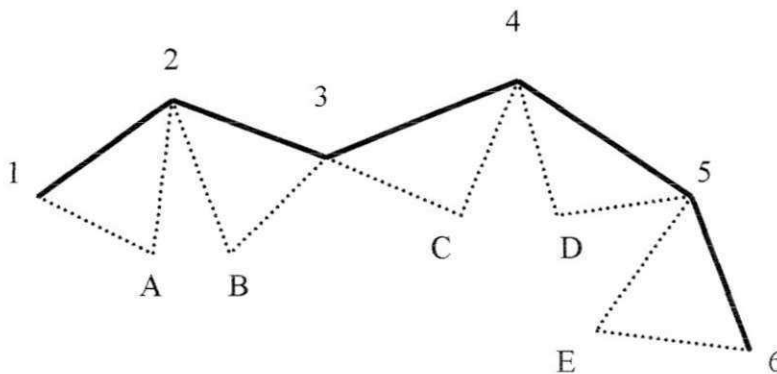


Figura 8 - Nivelamento de Poligonal Aberta

b.2) Nivelamento de uma poligonal fechada:

No nivelamento de uma poligonal fechada não é necessário efetuar o contra-nivelamento, pois o ponto inicial é o mesmo ponto de chegada do nivelamento.

A diferença entre a altitude da saída e a altitude de chegada é o erro que foi cometido no nivelamento.

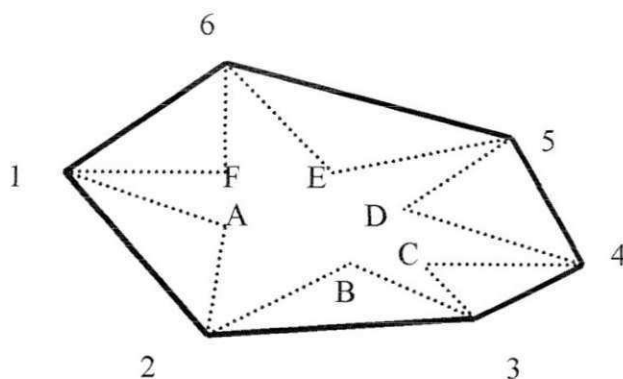


Figura 9 - Nivelamento de Poligonal Fechada

3.2.5. Levantamento altimétrico.

Pode-se considerar nos levantamentos altimétricos três fases distintas a saber:

A coleta de dados ou a determinação altimétrica de pontos convenientemente escolhidos;

A determinação das cotas inteiras ;

O traçado das curvas de nível.

Determinação Altimétrica dos Pontos.

Pode-se empregar dois processos para determinar as altitudes ou as cotas dos pontos escolhidos e já previamente levantados planimetricamente.

a) Irradiação.

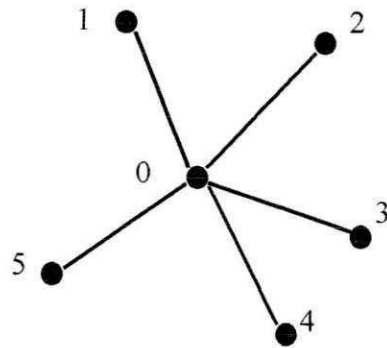


Figura 10 - Irradiação

b) Seções Transversais.

Neste processo de trabalho traça-se no terreno um eixo convenientemente escolhido, por exemplo A, B e C e piqueta-se esse eixo de 20 em 20 metros ou de 10 em 10 metros, conforme ilustrado na figura 11, a seguir nivela-se todos esses piquetes do eixo e em cada piquete loca-se seções transversais que também são piquetiadas de 20 em 20 metros ou de 10 em 10 metros, todos os piquetes das seções transversais são nivelados e tem-se então uma verdadeira malha de pontos determinados altimetricamente.

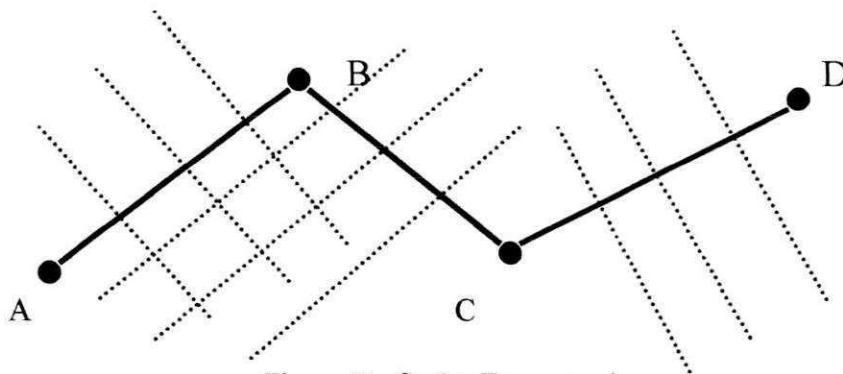


Figura 11 - Seções Transversais

Perfis Longitudinais

Os serviços de altimetria freqüentemente nos levam ao traçado dos perfis longitudinais que são obtidos da seguinte maneira:

- 1- Traçado no terreno um eixo longitudinal e piquetamos esse eixo de 10 em 10 metros ou de 20 em 20 metros ou mesmo em distâncias previamente escolhidas de acordo com conveniências especiais para certas obras.
- 2- Nivelamos todos os piquetes colocados nesse eixo.
- 3- Construimos um gráfico em que estabelecemos 2 eixos coordenados, no eixo das abscissas assinalamos as distâncias e no eixo das ordenadas assinalamos as cotas ou altitudes sendo que geralmente a escala vertical é 10 vezes maior que a escala horizontalmente com o objetivo de dar um destaque ao relevo.

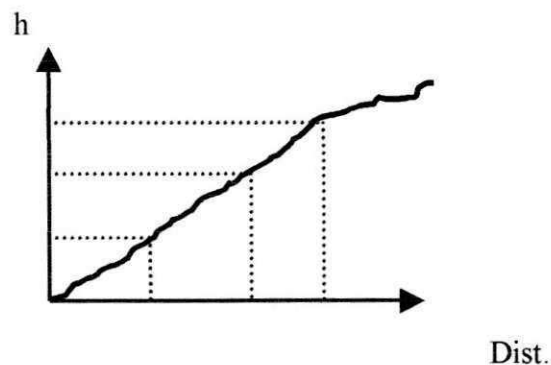


Figura 12 - Perfil Longitudinal

3.3. LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO

3.3.1 Definição de Planimetria

É a parte da topometria que se encarrega de realizar no terreno as medidas necessárias a coleta de dados que permitam a execução das plantas no que diz respeito aos limites do terreno levantado e aos acidentes neles figurantes.

3.3.2 Processo de Levantamento Planimétrico

Ao utilizarmos processos de medidas mais rigorosos e instrumentação mais precisa, dizemos que o levantamento é regular; inversamente se os processos de medidas são menos rigorosos, a instrumentação menos precisa dizemos que o levantamento é expedito.

Existem diversos processos de levantamento e a escolha do método mais conveniente de trabalho é função da situação oferecida no campo, da instrumentação que dispomos e da finalidade da futura planta.

O processo utilizado no levantamento desta Adutora foi o regular tipo caminhamento, que consiste em levantar a superfície, fazendo uma seqüência de irradiações. O caminhamento pode ser declinado ou gonimétrico segundo os ângulos obtidos sejam com bússola ou teodolito.

Este tipo de levantamento ocorre freqüentemente no levantamento de sítios, chácaras, fazendas, estradas, ou como no nossos caso no levantamento da Adutora.

Quando o ponto de chegada da poligonal não coincide com o ponto de partida, dizemos que a poligonal é aberta ou o caminhamento é aberto, isso ocorre geralmente no levantamento de um rio.

3.3.3 Cadernetas de Planimetria

Sabemos que todas as operações de campo devem ser registradas numa caderneta especial. As cadernetas empregadas na planimetria sofrem ligeiras variações compatíveis aos métodos de trabalho escolhido para o levantamento; e o operador deve fazer antecipadamente a adaptação da caderneta ao sistema que optou para os trabalhos de campo. Genericamente a caderneta apresenta a seguinte disposição:

EST	P. VISADO	DIST	ANG. HOR	OBS.
1	2	3	4	5

Nas colunas 1 e 2 anotamos respectivamente as estações e os pontos visados. A coluna 3 pode ser diferenciada quando trabalhamos medindo distâncias inclinadas para depois reduzi-las ao horizonte, neste caso anotamos:

DISTÂNCIA	
INCL	HORIZ

A coluna 4 é reservada para anotações de ângulos horizontais, ainda que sejam eles azimutes, rumos, ou deflexões, no caso das deflexões poderemos subdividir a coluna dos ângulos em direita e esquerda.

Na coluna 5, reservada para as observações elaboramos um esboço da situação encontrada no campo. Esse esboço não tem escala, mas pode ser proporcional. O operador deve lembrar que nem sempre será o desenhista, e portanto, a caderneta deve ser preenchida com clareza e o esboço deve ser desenhado com relativa proporção.

4. DADOS DA ADUTORA

Comprimento do Trecho I = 14.980 m

Comprimento do Trecho II = 13.993 m

Vazão: 75 l/s

Cota inicial do Trecho I : 352

Cota final do Trecho I : 492

Cota inicial do Trecho II : 492

Cota final do Trecho II : 516

Localização : : Cariri Paraibano

Localidades: Abastecidas: Boqueirão

Boa Vista

Soledade

Juazeirinho

5 – PROCEDIMENTO PARA PROJETO DE ADUTORA DO CARIRI

5.1 – LOCALIZAÇÃO

Para o planejamento e localização da Adutora do Cariri, lançou-se mão do GPS, tendo-se através do mesmo localizado os pontos iniciais e finais da referida adutora, nos seus respectivos trechos: Boqueirão - Boa Vista; Boa- Vista - Soledade e Soledade – Juazeirinho. Fazendo parte do estudo deste relatório o trecho de Boqueirão - Boa Vista.

Os pontos levantados em campo com o GPS de Precisão foram inseridos na Carta da SUDENE no meio digital, tendo-se aí definido o traçado da Adutora, conforme carta em anexo.

5.2. DETERMINAÇÃO DO PERFIL

Para determinação do perfil longitudinal, procedemos da seguinte maneira:

- 1º – De posse dos dados coletados em campo (caderneta de campo).
- 2º – Lançamos – Os dados de campo na planilha Excel;
- 3º – Elaboramos o perfil longitudinal, através do software Topo Evn 4.0. Conforme planta em anexo.
- 4º – Analisamos os dados editados

6. CÁLCULOS DO SISTEMA DE RECALQUE - ADUTORA DO CARIRI

6.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste trabalho o diâmetro da tubulação da Adutora do Cariri - PB foi previamente fixado pela empresa encarregada de executar a obra (Construtora Queiroz Galvão). O dimensionamento hidráulico da adutora do Cariri - PB consistiu: na determinação das perdas de carga nos trechos; no redimensionamento das instalações de bombeamento e na análise do fenômeno dos transientes hidráulicos, indicando os dispositivos de proteção a serem utilizados e sua localização ao longo da linha.

As perdas de carga que atuam em tubulações de recalque podem ser localizadas e distribuídas ao longo da tubulação. O cálculo das perdas de carga localizadas foram realizados a partir do método dos comprimentos fictícios, enquanto que para o cálculo das perdas de carga ao longo da linha de recalque utilizou-se a fórmula de Hazen-Williams. Os coeficientes, utilizados no cálculo das perdas localizadas foram retirados de Netto e Alvarez (1994).

De acordo com as vazões de projeto, dimensionou-se as bombas com base em catálogos de marcas disponíveis no mercado, além da utilização do software MAXBOMBAS (Santos e Ramos, 1997).

Verificou-se que nos trechos dimensionados, a linha de subpressão corta o terreno (Figuras 14), ou seja, no caso da parada repentina das bombas, haverá a separação da coluna de água, sendo necessário a utilização de dispositivos de proteção. Optou-se pela utilização de Tanques de Amortecimento Unidirecional, TAU para combater tal efeito. O emprego de Chaminés de Equilíbrio seria inviável visto que estas deveriam ser excessivamente altas. O mesmo acontece com os volantes de inércia que seriam acoplados à bomba, os quais seriam

maiores do que as instalações físicas do local. Para efeito da uniformização dos projetos estruturais desses tanques, admitiu-se um único modelo para todos eles, com, inclusive, as mesmas dimensões.

6.2. DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA I ATÉ ESTAÇÃO ELEVATÓRIA II

6.2.1. Características Gerais do Sistema Adutor

- Vazão inicial de dimensionamento: máxima diária do final do plano:

$$102,8 \text{ l/s} = 370,10 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Vazão de recalque: vazão máxima diária diminuída da vazão de lavagem dos filtros:

$$Q_r = Q_{\text{maxd}} - Q_{\text{lt}}$$

$$Q_r = Q_{\text{maxd}} - (10\% Q_{\text{maxd}})$$

$$Q_r = 92,5 \text{ l/s} = 333 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Diâmetro da Tubulação de recalque: $D_r = \text{DN}350$

- Verificação da constante de Bresse da fórmula de dimensionamento econômico:

$$K = D_r / Q_r^{1/2} \quad \text{faixa de } 1,0 \text{ a } 1,2$$

$$\text{para } Q_r \text{ (m}^3/\text{s) e } D_r \text{ (m): } K = 1,15$$

Dimensionamento da Sucção

- Vazão de sucção: $Q_s = 92,5 \text{ l/s} = 333 \text{ m}^3/\text{h}$

- Diâmetro de sucção: Imediatamente superior ao de recalque:

$$D_s = \text{DN } 400$$

- Tipo de sucção: afogada

- Características do poço:

Cota do NA máximo: 354,40 m

Cota do fundo do poço: 352,40 m

Cota do fundo da canaleta de sucção: 351,70 m

Dimensionamento para no mínimo 2 min de descarga de bombas

Volume mínimo = $101,2 \text{ l/s} \times 120 \text{ s} = 12,1 \text{ m}^3$

As dimensões adotadas foram:

- Largura: 12,5 m

- Comprimento: 5 m

- Profundidade: 2 m

- Volume do poço: $12,5 \times 5 \times 2 = 125 \text{ m}^3$

- Tubulação indicada: tubo de ferro fundido dúctil flangeado, classe PN10 para pressão máxima sem sobrepressão de 1,0 MPa.

- Perda de carga unitária e velocidade pela fórmula de Hazen – Williams:

$$V = 0,355 \times C \times D^{0,63} J^{0,54}$$

$$J = 10,643 \times Q^{1,85} C^{-1,85} D^{-4,87}$$

para Q (m^3/s), D (m) $C=130$ (coeficiente de rugosidade).

- Perda de carga unitária: $J_s = 0,139 \text{ m}/100\text{m}$

- Velocidade resultante: $V_s = 0,74 \text{ m/s}$

- Altura de sucção: (NA máximo e cota do eixo das bombas):

$$H_s = - 2,30 \text{ m}$$

Perda de carga localizada na sucção:

- Método aplicado: Comprimentos equivalentes

• Equação Geral:	$L_s = L_{ES} + L'_s$
Comprimento do tubo, DN400 com 2 tocos de 0,25 m:	
1,20 m	
1 válvula de pé com crivo	100,00 m
1 curva de 90°	5,4 m
1 registro de gaveta aberto, DN400:	3,20 m
1 redução normal, DN400 X DN300:	4,80 m
1 redução excêntrica, DN300 X DN200:	3,60 m
• Comprimento equivalente total:	$L'_s = 115,00$ m
• Comprimento total:	$L_s = 115,00$ m
• Perda de carga localizada:	$h'_s = 0,139$ m

6.2.3. Tubulação de Recalque no Interior da Estação Elevatória

• Vazão de Dimensionamento:	$Q_{ir} = 92,5$ l/s
• Diâmetro adotado D_{ir} :	DN 350
• Perda de carga unitária obtida por Hazen-Williams para $C=130$:	
	$J_{ir} = 0,0027$ m/m
	$J_{ir} = 0,270$ m / 100m

Tubulação indicada: tubo de ferro fundido dúctil flangeado, classe PN25 para pressão máxima com sobrepressão de MPa.

Velocidade: $V_{ir} = 0,96$ m/s

• Perda de carga localizada:

Fórmula utilizada: $L'_R = L_{ER} + L_R$

Comprimento do tubo, DN350:	$L_{ER} = 12,00 \text{ m}$
1 ampliação de saída: Diâmetro bomba DN150 X DN300:	
4,25 m	
1 ampliação de saída: Diâmetro bomba DN300 X DN350:	
4,25 m	
1 válvula de retenção, DN350:	28,00 m
1 registro de gaveta aberto, DN350:	2,8 m
1 curva de 45° ($R/D = 1$), DN350:	2,5m
1 junção em Y, DN350:	10,50m
• Comprimento equivalente total:	$L_R = 52,30 \text{ m}$
• Comprimento total:	$L'_R = 64,30 \text{ m}$
• Perda de carga localizada:	$h'_r = J_{IR} L'_R$
	$h'_r = 0,18 \text{ m}$

6.2.4. Perda de Carga ao Longo do Recalque

• Extensão da linha de recalque: EE1 a EE2:	
Estaca Inicial:	6
Estaca Final:	749
Cota inicial:	352,00
Cota final:	492,00 m
Comprimento total	14.860 m
• Vazão de recalque:	$Q_r = 0,0925 \text{ m}^3/\text{s}$
• Diâmetro de recalque:	$D_r = \text{DN } 350$

- Tubulação indicada: Tubo de PVC reforçado, RPVC, ponta e bolsa.
- Diâmetro interno da tubulação: 342,00 mm
- Velocidade pela equação da continuidade: $V_r = 1,00$ m/s
- Perda de carga unitária: $J_r = 0,00256$ m/m
- Perda de carga total: $h_r = 38,11$ m

6.2.5. Altura Manométrica

- Altura geométrica de recalque: $H_G = H_R + H_S$
 $H_G = 136,00$
- Altura Manométrica: $H_M = H_G + h_r + h'_r + h'_s$
 $H_M = 136 + 38,11 + 0,18 + 0,14$
 $H_M = 174,43$ m

6.2.6. Potência dos Conjuntos Elevatórios

- Equação utilizada: $P = \frac{H_{man} Q \gamma}{75 \eta}$
- Eficiência do conjunto motor- bomba: $\eta = 75 \%$
- Peso Específico de água: $1000 \text{ Kg/m}^3 = 1,0 \text{ t/m}^3$
- Potência Calculada: $P = 291,6$ CV
- Folga admitida: 10% (In : Netto & Alvarez, 1991)
- Potência Final: 320 CV
- Potência adotada: 400 CV

• Velocidade específica:	$\eta = 3.65w \frac{\sqrt{Q}}{H_m^{3/4}}$
ω (velocidade angular):	1750 rpm
Q:	0,00925 m ³ /l
Hm:	174,43 m.
η :	39
• Número de conjuntos elevatórios:	02 (um como reserva do outro)
• Escolha dos conjuntos elevatórios:	
	Hm=174,43 m
	P=400 CV
	Q=336 m ³ /h
Conjunto escolhido:	optou-se por uma bomba centrífuga tipo Sulzer NLGA 150/3 ou similar cuja curva característica é mostrada a seguir.

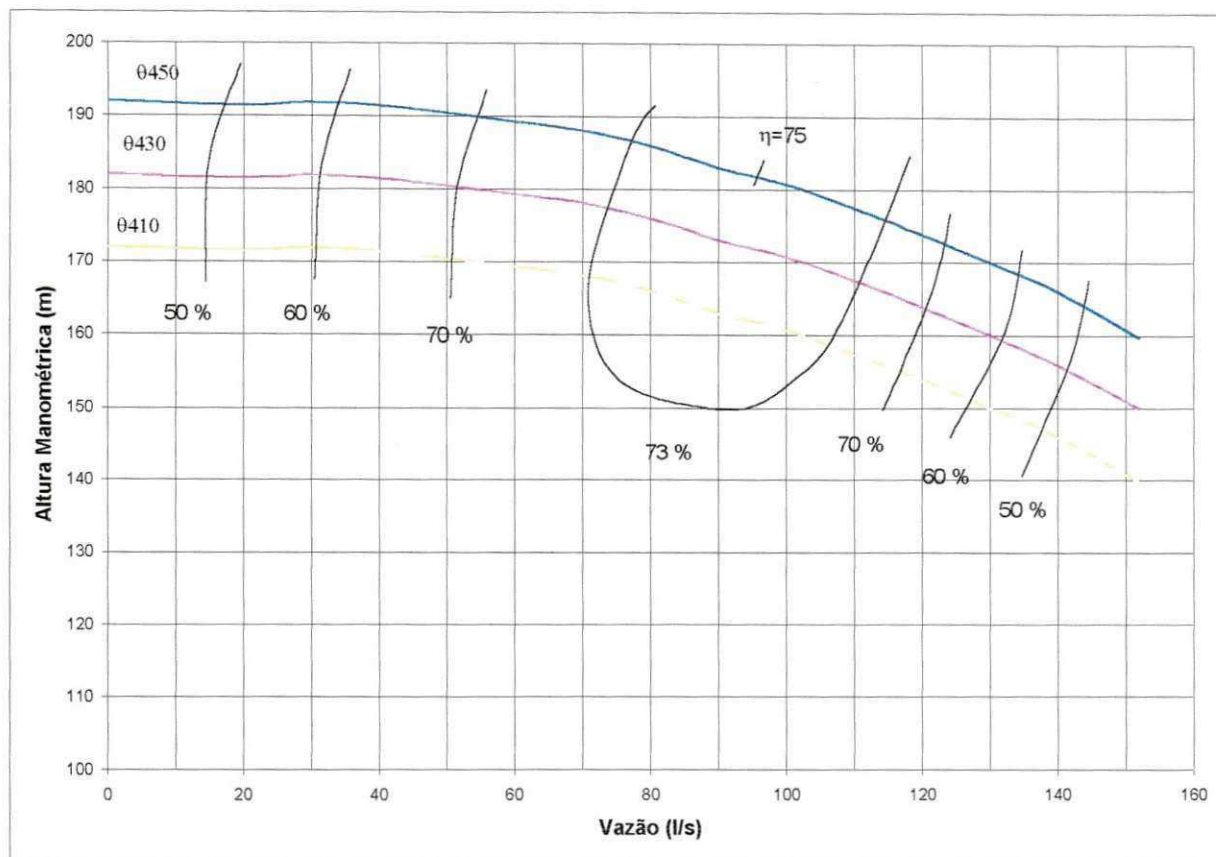


Figura 13 – Curva característica da bomba da Estação Elevatória I

6.2.7. Análise de Cavitação

Cálculo do Net Positive Suction Head Disponível:

- Fórmula Geral:

$$NPSHd = \pm \frac{v_s^2}{2g} + \frac{P_{a(s)}}{p_a} + \frac{P_v}{\gamma_a}$$

- Fórmula aplicada para o valor mínimo:

$$NPSH'd = \pm Hs + \frac{P_a - P_v}{P} \times 10 - \sum hs$$

onde:

- H_s = altura de sucção: -2,30 m
- Σh_s = somatório das perdas de carga na sucção: 0,04
- P_a = pressão atmosférica do local: 1,033 Kgf/cm² :10,33 m
- P_v = pressão de vapor a 30^oC: 0,433 Hgf/cm² = 4,33m
- γ_a = peso específico da água: 1.000 Kg/cm²

$$NPSH_d = 2,30 + 10,33 - 4,33 - 0,14 = 8.16 \text{ m}$$

6.2.8. *Análise do Golpe de Ariete na Linha Adutora*

- Dados do problema

Altura Manométrica (H)	178.43 m
Vazão (Q)	0.095 m ³ /s
Frequência (n_o)	1750 rpm
Momento Polar da Bomba (GD^2)	6.98 kgf*m ²
Comprimento da Tubulação (L)	14846 m
Velocidade da Água (V)	1.035 m/s

- Cálculo da Celeridade da Onda (a)

	a ₁	a ₂	a ₃	
Classe	20	16	10	
Diâmetro Externo (DE)	357	355.6	354.2	mm
Diâmetro Interno (D)	342	342	342	mm
Espessura do Tubo (e')	7.5	6.8	6.1	mm
Extensão	520	6260	8066	m
Módulo de Elasticidade Volumétrico da Água (K)	2.10E+08	2.10E+08	2.10E+08	kgf/m ²
Módulo de Elasticidade do Tubo (E)	1678347500	1.511E+09	1.306E+09	kgf/m ²
Massa Específica da Água (ρ)	102	102	102	kgf/m ⁴ .s ²
Coeficiente de Poisson (μ)	0.3	0.3	0.3	
Coeficiente (C)	0.9	0.9	0.9	
Celeridade	576.6	528.9	473.0	(m/s)
Celeridade Média (a)	500.2			(m/s)

Quadro 1 – Cálculo de Celeridade da Onda(a)

- Momento aplicado ao eixo da bomba:

$$M_0 = \frac{\text{Potência}}{\text{Vel. Angular}} = 90,49 \text{ kgf x m}$$

- Tempo de parada da bomba:

$$T = 0,00267 \frac{GD^2 n_o}{M} = 0,36 \text{ s}$$

- Tempo de reflexão da onda:

$$Tr = \frac{2L}{a} = 59,36 \text{ s}$$

Como o tempo de parada da bomba é muito menor do que o tempo de reflexão da onda, tem-se um fechamento rápido que pode ser calculado pela fórmula de Jookowski:

$$\Delta H = \frac{V.a}{g} = 52,76 \text{ m}$$

- Determinação do trecho onde as diferenças de pressões máximas irão atuar:

- Cálculo do tempo de Mendiluce (Marcet e Garcia, 1987):

Declividade (H/L): 1.18%

Coeficiente (C): 1

Coeficiente (K): 1

$$\tau = C + \frac{K \cdot L \cdot V}{H} : 9,97 \text{ s}$$

- Cálculo do comprimento a partir da bomba em que o transiente terá valor máximo

$$L_{\max} = L + \frac{\alpha \tau}{2} : 12.352 \text{ m}$$

Na Figura 2 é mostrado o perfil do terreno juntamente com as linhas piezométricas, de sobrepressão e de subpressão obtidas a partir do método de Mendiluce.

Neste trecho serão instalados duas TAU's uma nas proximidades da estaca 210 e outra na estaca 488

6.2.9. Definição das Classes de Pressão nos Trechos da Adutora

As classes de pressão adotadas ao longo dos trechos da tubulação são:

Estaca	Classe
6-29	20
29-416	16
416-749	10

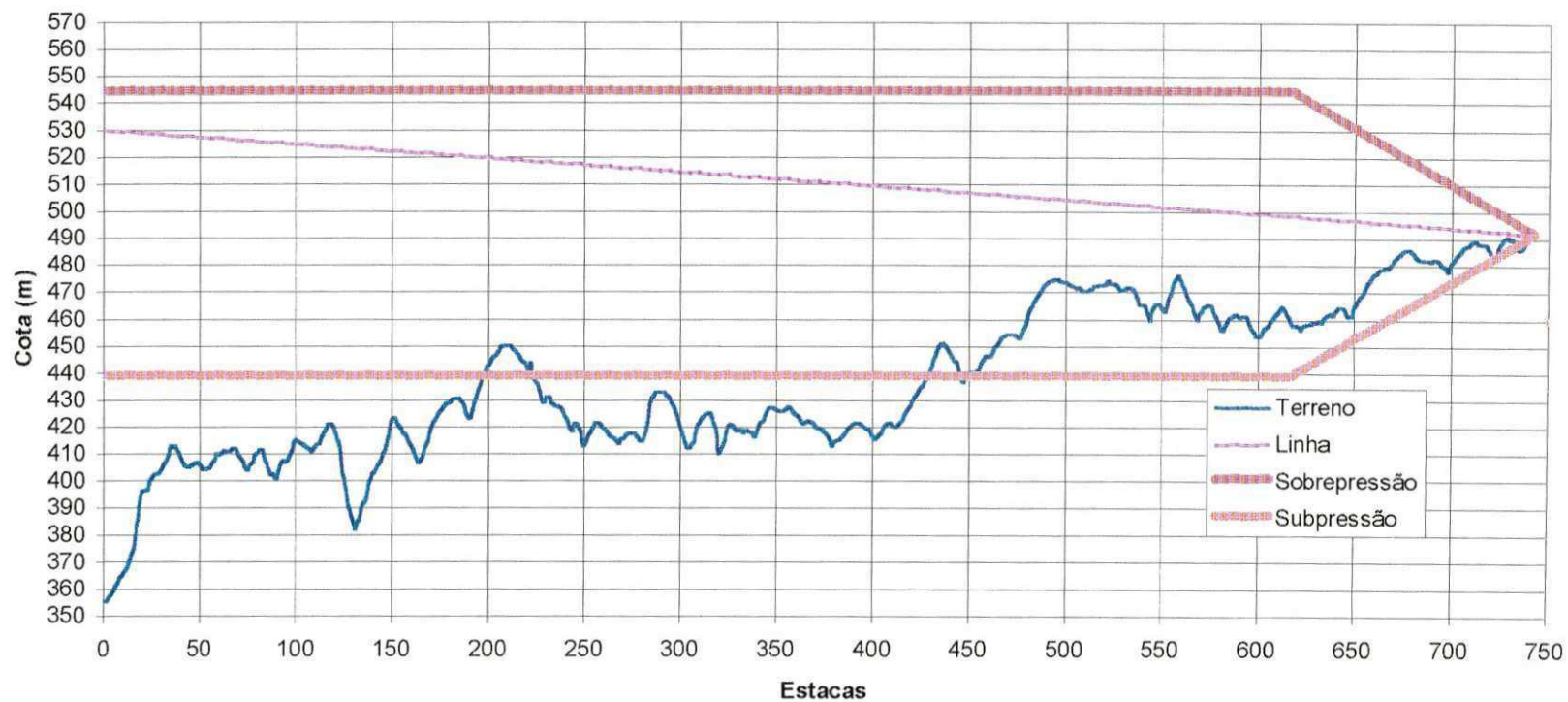


Figura 14 – Perfil do terreno e das curvas piezométrica, de sobrepressão e de subpressão trecho Boqueirão – Estação Elevatória II da Adutora do Cariri

6.3. CONJUNTOS ELEVATÓRIOS PARA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS: TRECHO - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA I ATÉ O RESERVATÓRIO DE LAVAGEM, R_L

6.3.1. Características gerais do Sistema Adutor

- Vazão de dimensionamento: 10% de vazão máxima diária do final do plano:

$$10,3 \text{ l/s} = 37,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Diâmetro de recalque a partir da equação de Bresse para dimensionamento econômico

$$P/K = 1,2: K = D_r / Q_r^{1/2}$$

$$D_r = 0,122 \text{ m ou DN 150}$$

6.3.2. Dimensionamento da Sucção

- Mesmo poço de sucção dimensionada para a EE1 com as seguintes dimensões:

$$12,50 \text{ m} \times 5,00 \text{ m} \times 2,00 \text{ m}$$

- Diâmetro da tubulação de sucção: Imediatamente superior ao de recalque:

$$D_s = \text{DN 200}$$

Tubulação indicada na sucção e interior da Estação Elevatória:

tubo em ferro fundido dúctil flangeado, classe PN10 para pressão máxima sem sobrepressão de 1,0 MPa.

- Altura de sucção para bomba afogada

Cota do NA máximo – cota do eixo das bombas 354,60 – 352,20):

$$H_s = -2,30 \text{ m}$$

Perda de carga localizada na sucção:

Método aplicado:

Comprimentos equivalentes:

• Equação Geral:

$$L'_s = L_{ES} + L_s$$

• Comprimento do tubo, DN 200:

$$L_{ES} = 1,00 \text{ m}$$

1 válvula de pé com crivo

$$52,00 \text{ m}$$

1 curva de 90°

$$3,3 \text{ m}$$

1 registro de gaveta aberto, DN200:

$$1,40 \text{ m}$$

1 redução excêntrica, DN200 X DN100:

$$2,40 \text{ m}$$

1 redução DN100 X DN50:

$$1,20 \text{ m}$$

• Comprimento equivalente total:

$$L'_s = 60,30 \text{ m}$$

• Comprimento total:

$$L_s = 6,00 \text{ m}$$

• Velocidade na sucção obtida pela equação de continuidade

$$\text{para } A = 0,0314 \text{ m}^2 : V = 0,33 \text{ m/s}$$

• Perda de carga unitária por Hazen-Williams para coeficiente de rugosidade

$$C = 130$$

$$J_s = 10,643 Q^{1,85} C^{-1,85} D^{-4,87}$$

$$J_s = 0,0655 \text{ m/100m}$$

• Perda de carga localizada:

$$h'_s = J_s L_s \Rightarrow h'_s = 0,39 \text{ m}$$

6.3.3. Tubulação de Recalque no Interior da Estação Elevatória

• Diâmetro indicado: DN 150

• Velocidade resultante pela equação da Continuidade e para

$$A=0,0079 \text{ m}^2: V_{ir \text{ max}} = 1,3 \text{ m/s} < 2,0 \text{ m/s (máxima admissível)}$$

• Perda de carga unitária obtida por Hazen - Williams para $C=130$

$$J_{ir} = 2,055 \text{ m} / 100\text{m}$$

• Perda de carga localizada:

Método aplicado:

Comprimentos equivalentes:

• Fórmula utilizada:

$$L'_R = L_{ER} + L_R$$

Comprimento do tubo de recalque e tocos, DN100: 8,00 m

1 ampliação de saída: Diâmetro bomba X DN100: 1,20 m

1 válvula de retenção leve, DN100: 6,40 m

1 registro de gaveta aberto, DN100: 0,70 m

1 ampliação, DN100 X DN150: 1,80m

1 curva de 90° ($R/D = 1$), DN100: 1,60m

1 junção, DN100: 3,00m

• Comprimento equivalente total: $L_R = 14,70 \text{ m}$

• Comprimento total: $L'_R = 22,70 \text{ m}$

- Perda de carga localizada:

$$h'_r = J_{IR} L'_R$$

$$h'_r = 0,47 \text{ m}$$

6.3.4. Perda de Carga ao Longo do Recalque

- Extensão da linha de recalque:

EE1 até o reservatório R_L: 200,00m

Cota de saída da tubulação de recalque: 353,20m

NA máximo do Reservatório R1: 370,55m

Altura de Recalque: H_r =: 17,35m

Diâmetro da Tubulação: D_r = DN150

Velocidade ao longo do recalque pela equação da continuidade: V_r = 0,58 m/s

- Perda de carga unitária por Hazen-Willians para C=150:

$$J_r = 0,247 \text{ m}/100\text{m}$$

- Perda de carga ao longo do recalque: h_r = 0,56 m

- Altura geométrica de recalque: H_G = H_r + H_s

$$H_G = 17,35 - 2,30 = 15,05 \text{ m}$$

6.3.5. Cálculo dos conjuntos Elevatórios

Número de conjuntos: 02 (um como reserva do outro)

Altura Manométrica: H_M = H_G + h_r + h'_r + h'_s

$$H_M = 15,05 + 0,56 + 0,39$$

$$H_M = 16,0\text{m}$$

6.3.6. Potência dos Conjuntos Elevatórios

- Equação utilizada:
$$P = \frac{H_{man} Q \gamma}{75 \eta}$$
- Eficiência do conjunto motor- bomba: $\eta = 67 \% = 0,67$
- Peso Específico de água: $1000 \text{ Kg/m}^3 = 1,0 \text{ t/m}^3$
- Potência Calculada: $P = 3,3 \text{ CV}$
- Folga admitida: 30% (In: Netto & Alvarez, 1991)
- Potência Final: 5 CV
- Velocidade específica:
$$\eta = 3,65 W \frac{\sqrt{Q}}{H_m^{3/4}}$$
- onde, para
- $W = 1750 \text{ rpm}$
- $\eta = 70\%$
- Escolha da base dos conjuntos elevatórios:
- Para $P = 5 \text{ CV}: 1,00 \text{ m} \times 0,40 \text{ m}$
- Número de conjuntos elevatórios: 02 (um como reserva do outro)
- Escolha dos conjuntos elevatórios:
- $H_m = 16,00 \text{ m}$
- $P = 5 \text{ CV}$
- $Q = 37,0 \text{ m}^3/\text{h}$
- Conjunto Adotado: optou-se por uma bomba centrífuga tipo KSB Meganorm 40-200 ou similar

6.3.7. Análise de Cavitação

Cálculo do Net Positive Suction Head Disponível:

Fórmula Geral:

$$NPSHd = \pm \frac{v_s^2}{2g} + \frac{P_{a(s)}}{P_a} + \frac{P_v}{\gamma_a}$$

Fórmula aplicada para o valor mínimo:

$$NPSH'd = \pm H_s + \frac{P_a - P_v}{P} \times 10 - \sum h_s$$

onde:

Hs = altura de sucção: -2,30 m

$\sum h_s$ = somatório das perdas de carga na sucção: 0,004

Pa = pressão atmosférica do local: 1,033 Kgf/cm² = 10,33 m

Pv = pressão de vapor a 30^oC: 0,433 Hgf/cm² = 4,33m

γ_a = peso específico da água = 1000 Kg/cm²

$NPSHd = 2,30 + 10,33 - 4,33 - 0,004 = 7,91$ m

6.3.8. Análise do Golpe de Aríete na Linha Adutora

• Dados do problema

Altura Manométrica (H): 16.05 m

Vazão (Q): 0.0105 m³/s

Frequência (n_o) 1750 rpm

Momento Polar da Bomba (GD^2)	0.1 kgf x m ²
Comprimento da Tubulação (L)	200 m
Velocidade da Água (V)	0,505 m/s

• Cálculo da Celeridade da Onda (a) - Quadro 2

$$a = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{K D.C}{E e'}}$$

Classe	10	
Diâmetro Externo (DE)	156.64	mm
Diâmetro Interno (D)	150	mm
Espessura do Tubo (e')	3.32	mm
Extensão	200	m
Módulo de Elasticidade Volumétrico da Água (K)	2.10E+08	kgf/m ²
Módulo de Elasticidade do Tubo (E)	1.380E+09	kgf/m ²
Massa Específica da Água (r)	102	kgf/m ⁴ .s ²
Coefficiente de Poisson (m)	0.3	
Coefficiente (C)	0.9	
Celeridade	532.6	(m/s)
Celeridade Média (a)	532.6	(m/s)

Quadro 2

• Momento aplicado ao eixo da bomba

$$M_0 = \frac{\text{Potência}}{\text{Vel. Angular}} : \quad 0,90 \text{ kgf x m}$$

• Tempo de parada da bomba

$$T = 0,00267 \frac{GD^2 n_o}{M} : \quad 0,52 \text{ s}$$

• Tempo de reflexão da onda

$$Tr = \frac{2L}{a} : \quad 0,75 \text{ s}$$

Como o tempo de parada da bomba é menor do que o tempo de reflexão da onda, tem-se um fechamento rápido que pode ser calculado pela fórmula de Jookowski:

$$\Delta H = \frac{V \cdot a}{g} : \quad 31,66 \text{ m}$$

- Determinação do trecho onde as diferenças de pressões máximas irão atuar

- Cálculo do tempo de Mendiluce:

Declividade (H/L) = 1.18%

Coeficiente C = 1

Coeficiente K = 1

$$\tau = C + \frac{K \cdot L \cdot V}{H} : \quad 0,65 \text{ s}$$

- Comprimento a partir da bomba em que o transiente terá valor máximo

$$L_{\max} = L + \frac{a\tau}{2} : \quad 27,40 \text{ m}$$

7. CONCLUSÃO

Por meio deste relatório, ficou exposto, um resumo das atividades, que tive a oportunidade de participar durante o período do estágio. Inúmeras foram as informações e conhecimentos adquiridos no desenvolvimento deste projeto, desde as verificações em campo, aos cálculos em escritório, ou com o mestre de obra, engenheiros, peões e outras pessoas que fazem parte do projeto desta adutora. Passado esta etapa de estágio, me sinto mais próximo e apto a solucionar os diferentes problemas de execução de uma obra de engenharia.

O que foi visto durante todo o curso e o estágio supervisionado, abriu um caminho que devo seguir com a mesma paciência, e fé, acreditando sempre que contribuiremos para um mundo melhor.

8. BIBLIOGRAFIA

- Topografia aplicada à Engenharia Civil
Alberto de Campos Borges, Volume 2
- Manual de Topografia e Caderneta de Campo
Lélis Espartel, João Lüderitz, Volume 1
- Revista InfoGeo
- Manual de Hidráulica
Azevedo Netto C. A. Alvarez
- Catálogo de Tubos e Conexões, EDRA
- Catálogo de Tubos e Conexões para Canalizações sob Pressão, Companhia
Metalúrgica Barbará

ANEXOS



