

Capítulo I

ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO A NÍVEL DE PRODUTOR

Tetuo Hara¹
Francisco De Assis C. Almeida²
Mario Eduardo R. M. Cavalcanti Mata²

1. ARMAZENAMENTO DE GRÃOS E SEMENTES NAS PROPRIEDADES RURAIS

1.1. ESTRUTURAS DE ARMAZENAGEM A NÍVEL DE PRODUTOR

1.2. ESTRUTURAS PARA ARMAZENAGEM DE GRÃOS E SEMENTES NAS PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS

1.3. OUTRAS ESTRUTURAS PARA ARMAZENAGEM DE GRÃOS E SEMENTES NAS PROPRIEDADES RURAIS

1. Professor Titular do Departamento de Engenharia Agrícola/CCA/UFV - Viçosa - MG

2. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Agrícola/CCT/UFPB - C. Grande -PB

1. ARMAZENAMENTO DE GRÃOS E SEMENTES NAS PROPRIEDADES RURAIS

A armazenagem de grãos e sementes na propriedade rural é a etapa básica no sistema de armazenagem como um todo como pode ser visualizado na Figura 1.

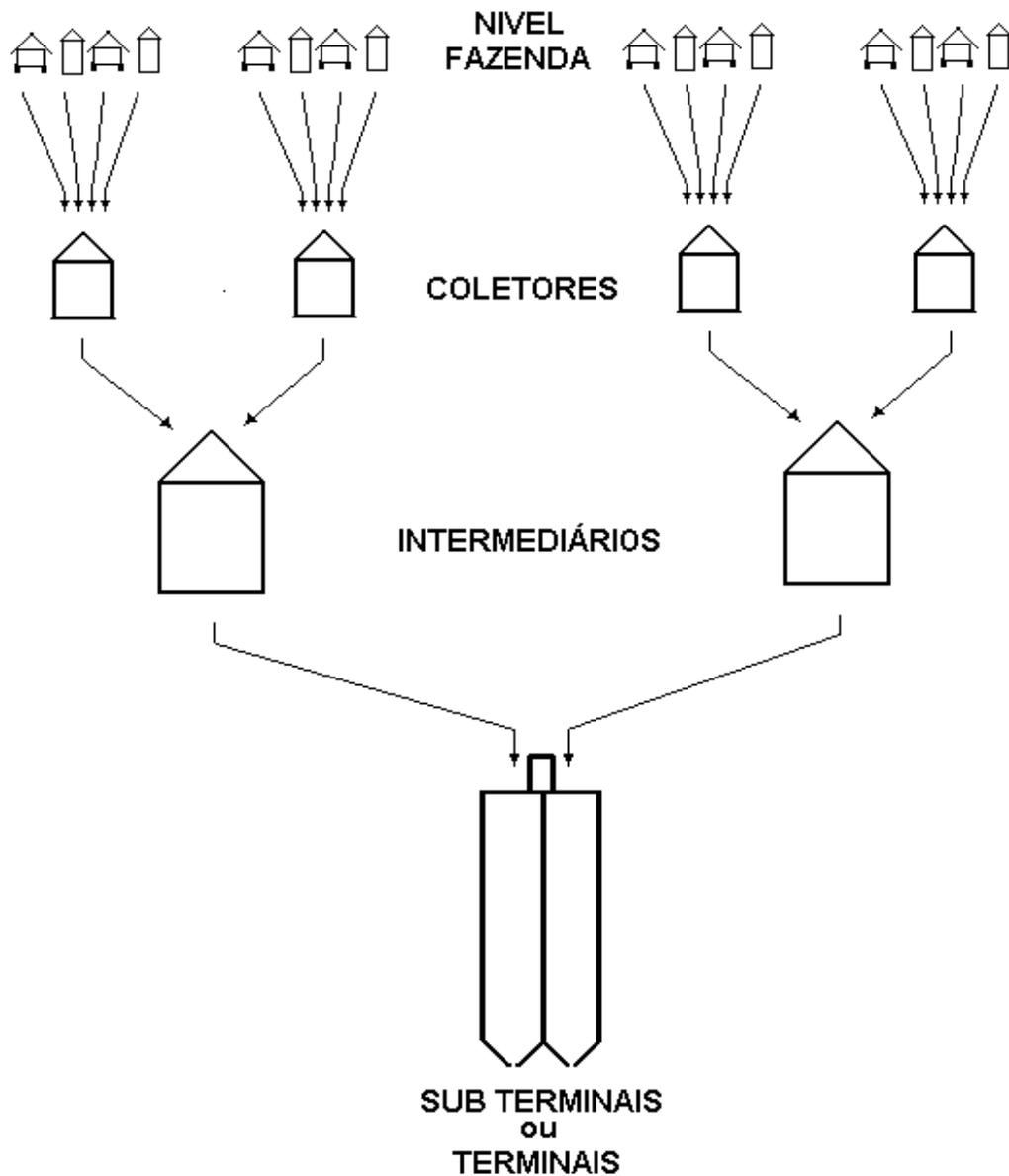


Figura 1 - Estruturas de Armazenagem e seu fluxograma

Teoricamente, da fazenda, ou das estruturas de armazenagem a nível de fazenda, fluem para os coletores, com conotação municipal depois para os intermediários ou regionais e finalmente para os sub terminais ou terminais. Logicamente existem diversas alternativas de fluxo de grãos mas a estrutura de armazenagem na fazenda constitui a básica.

Em países genuinamente produtoras de grãos concentra a maior parte da armazenagem de grãos a nível de fazenda chegando a mais de 65% da capacidade estática total do país enquanto que no Brasil não chega a 4%.

No Brasil, a operação de armazenagem de produtos agrícolas em nível de fazenda é muito pouco praticada, principalmente aqueles destinados a comercialização porque a maioria leva para os sistemas coletores assim como, mesmo em cooperativas, há um estímulo para que se armazenem na área urbana em sistemas coletores ou intermediárias com a desculpa de que os produtores são incompetentes para atuarem no ramo.

Do mesmo modo agem algumas armazenadoras estatais colocando estruturas de armazenagem coletoras a menos de 50 km do local de produção.

É obvio de que deste modo o agricultor fica a mercê das condições meteorológicas no período da colheita podendo tornar os grãos ou sementes demasiadamente úmidos com risco de estrago caso não se proceda a secagem assim como as estradas podem não permitir o tráfego com chuvas, fica sujeito a filas a espera de recepção e secagem pelos coletores, custo de transporte onerados em função da demanda, secagem a temperaturas excessivamente elevadas, conseqüentemente com custos mais elevados.

Intensificando-se a armazenagem nas fazendas propiciam vantagens tanto para o produtor, do armazenador aos consumidor pois pode prolongar a safra no sentido global, isto é, na condição atual devido a escassez de armazenagem na fazenda concentra-se as operações, principalmente da secagem para um período muito curto, por exemplo, dois meses, em que todas as operações de recepção ao armazenamento de quase toda a safra deverá sofrer.

Se houvesse mais armazenagem nas fazendas, diminuiria o sufoco dos transportes, permitiria promover a secagem mais lentamente com menor custo e melhor qualidade e prolongaria o período da “safra” em relação às estruturas de armazenagem coletoras em que passaria a receber grãos mais espaçadamente, com teores de umidade, em boa parte baixa, adequados para a armazenagem evitando-se o costumeiro congestionamento de caminhões.

No caso de armazenagem de grãos para pequenos produtores, em muitos casos, a armazenagem de grãos de subsistência, a prática da armazenagem adequada evita a perda por estrago, infestação de insetos, incidência de roedores, pássaros e outras pragas.

Muitas vezes o produtor incapaz de armazenar seu produto vende-o ao primeiro comprador, geralmente o intermediário ou então ao próprio governo ficando a mercê dos baixa cotação dos preços destes produtos em função da grande oferta no período da safra e mais tarde compra-o de volta por um preço muito maior.

Para o país como um todo seria altamente benéfico a expansão do sistema de armazenagem nas fazendas e o produtor deve assumir a responsabilidade de armazenagem como uma operação de rotina como se faz no cultivo, adubação, tratamento fitossanitário, colheita, etc.

1.1 - Estruturas de armazenagem a nível de produtor

A armazenagem a nível de produtor, apesar de ser um sistema básico e elementar, sob a aparente simplicidade do sistema, constitui-se um sistema muito complexo devido a enorme diversidade de níveis sócio-econômicos, regionais, culturais, de materiais empregados na sua construção e a disponibilidade dos materiais e equipamentos no mercado.

A medida que se converge para níveis sócio-econômico mais baixos, mais complexo se torna a atuação e aplicação da armazenagem a nível de produtor.

Diversos estudos sobre a viabilidade econômica neste nível chegaram a conclusão da inviabilidade da armazenagem a nível de pequeno produtor. Isto se deve principalmente porque estes estudos basearem-se nos preços dos equipamentos praticadas no comércio.

É fundamental observar que quanto mais baixo for o nível do produtor, menor deverá ser a dependência de produtos, partes ou equipamentos disponíveis no mercado devendo-se utilizar cada vez mais dos recursos materiais existentes no propriedade.

Assim, a medida que se eleva o nível econômico haveria a tendência de se utilizar gradativamente dos produtos e equipamentos disponíveis no comércio local, chegando em certos casos até a importação.

Assim, para a solução técnica da armazenagem em nível de produtor seria essencial que fossem considerados três pontos:

Quanto ao primeiro ponto, é comum realizarem estudos de viabilidade econômica da implantação de sistemas de armazenagem a nível de produtor baseados em custos de materiais, equipamentos e de serviços vigentes no comércio não só local mas também regional, de outros estados e em alguns casos extremos do exterior.

1. Determinar qual deveria ser o custo máximo por unidade de volume a ser armazenado ou do projeto para que o empreendimento seja economicamente viável;
2. Quais os requerimentos técnicos necessários para se proceder a armazenagem adequada para a situação vigente?
3. Colocar-se na posição do cliente, assumindo-se o lugar do produtor rural na sua condições sócio-cultural-econômica.

Assim, deste modo, fatalmente chega-se a conclusão de que, principalmente para os pequenos produtores, torna-se economicamente inviável. Daí a grande importância de se ter o real conhecimento não só comportamental do usuário, sua habilidade, vocação regional no aproveitamento dos recursos disponíveis no local.

Há uma grande expectativa dos técnicos e extensionistas que atuam neste nível tecnológico por modelos ou formulações “mágicas” e milagrosas para a solução de armazenagem do produtor de baixa renda. A realidade revela de que quanto mais baixo o nível econômico, ou menor a empresa rural, mais complexo torna-se a tecnologia e as soluções são cada vez mais personalizadas, exigindo uma solução específica para cada caso. A medida que se eleva o nível e tamanho do produtor rural modelos cada vez mais padronizados estarão disponíveis no mercado.

Sinha (1973) e Sinha e Muir (1973), abordam a armazenagem de produtos agrícolas sob o enfoque de ecossistema de armazenagem em que se verificam as diversas interações que permitem melhor visualização dos parâmetros que atuam neste ecossistema de acordo com a Figura 2.

Por esta razão, em países do primeiro mundo torna-se relativamente mais fáceis na escolha da estrutura armazenadora pelo alto nível de padronização, maioria de silos cilíndricos metálicos, feitas com chapas de aço galvanizadas corrugadas.

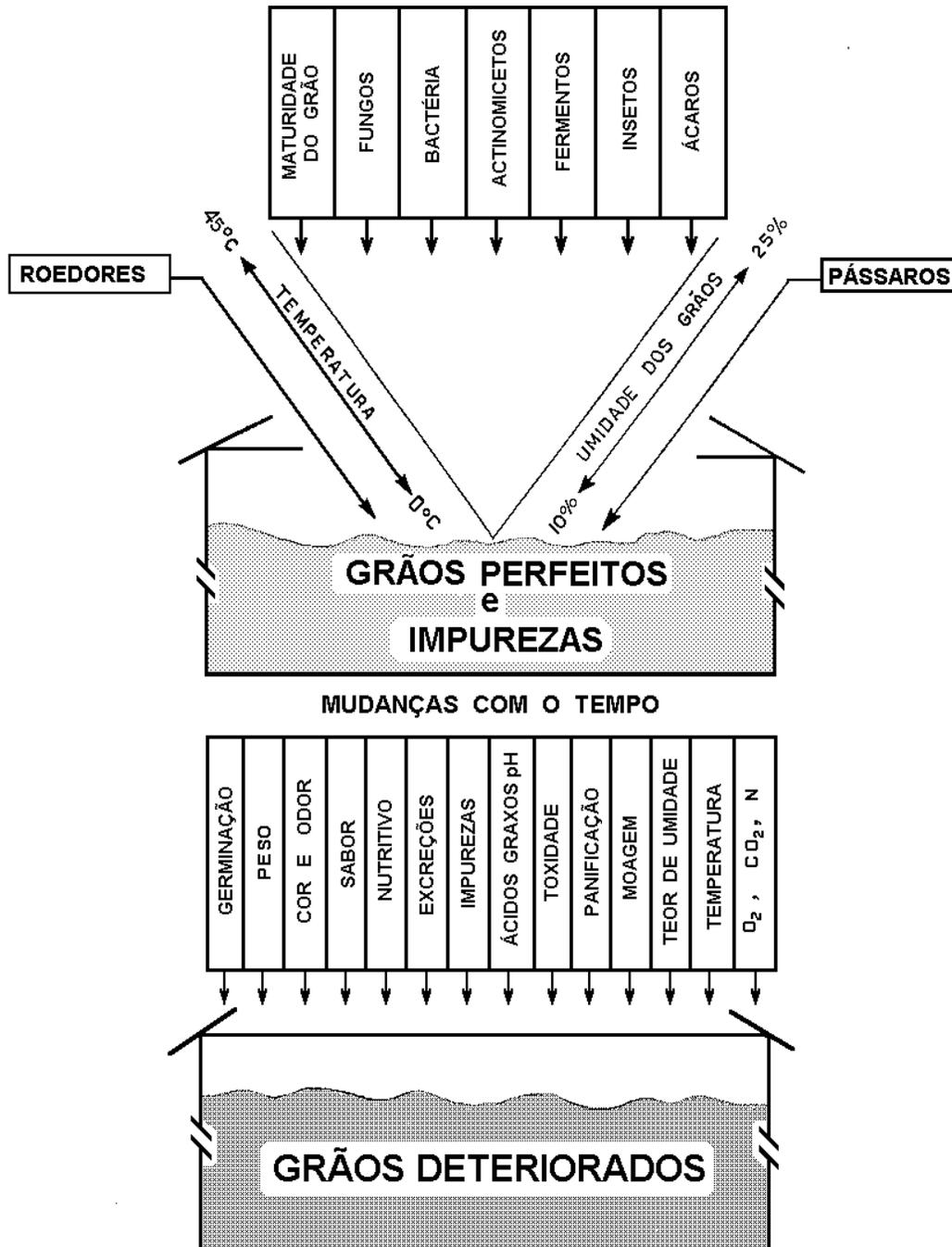


Figura 2 - Ecossistema de armazenagem de acordo com Sinha e Muir (1973)

Voltando para o Brasil em que se lida com armazenagem de grãos e sementes, a nível de subsistência em forma mais rudimentar, amontoando-se num canto ou no piso de um cômodo de uma residência ou coberta; em potes cerâmicos; tambores; galpão; paiol; tulha; armazéns com materiais construtivos dos mais variáveis; ensacados a céu aberto; ensacados formando “piscinas” para armazenagem a granel; armazéns ou silos subterrâneos ou semi-subterrâneos com revestimento interno dos mais variados; silos horizontais variando desde cobertura com folhas de palmeiras, sapé, plásticos diversos; silos que vão desde aqueles feitos desde paus roliços, bambu roliço ou trançado, cipó trançado, pau a pique, de madeira, tijolos, alvenaria, ferrocimento, concreto, módulos de placas metálicas, plástico, concreto; concreto protendido; fibra de vidro, tela metálica com revestimento interno de plástico ou butil; chapa metálica (galvanizadas ou não); até silos dotados de sistemas de atmosfera controlada ou modificada com o monitoramento e controles comandados por sistemas inteligentes.

Em sistemas de armazenagem coletores, as alternativas são menores, e vai diminuindo a medida que vai para os sistemas intermediária e menor para os terminais.

Como eleger então o “melhor” sistema ou estrutura de armazenagem a nível de fazenda dentre as mais diversas alternativas?

Teoricamente, o “melhor” ou o mais adequado sistema de armazenagem, aparentemente não parece ser muito problemático, pois, será aquele que satisfizer as condições técnicas específicas requeridas para a armazenagem de um determinado produto num ambiente específico, com custo construtivo igual ou abaixo daquele determinado como o máximo por volume ou quantidade específica para que seja economicamente viável além de ser viável na execução ou construção e na operação do sistema.

Mas, na prática requer do técnico:

1. conhecimento dos fundamentos da tecnologia de armazenagem, criatividade e experiência;
2. conhecimento sócio-cultural-econômico, vocação, e tendências da região; e,
3. familiaridade da cultura, habilidade, disposição e disponibilidade de recursos físico-financeiro do produtor.

Outra questão muito comum é saber qual o teor de umidade ideal de armazenagem que por sua vez tem grande importância e que está na dependência se conhecer os fundamentos de armazenagem mas que da finalidade da armazenagem, se de grãos para industrialização ou de semente para plantio e as condições ambientes de armazenagem. Burrell e Burrell citado por Boumans (1985), desenvolveram um diagrama em que poderá servir de orientação para os técnicos como pode ser visto na Figura 3.

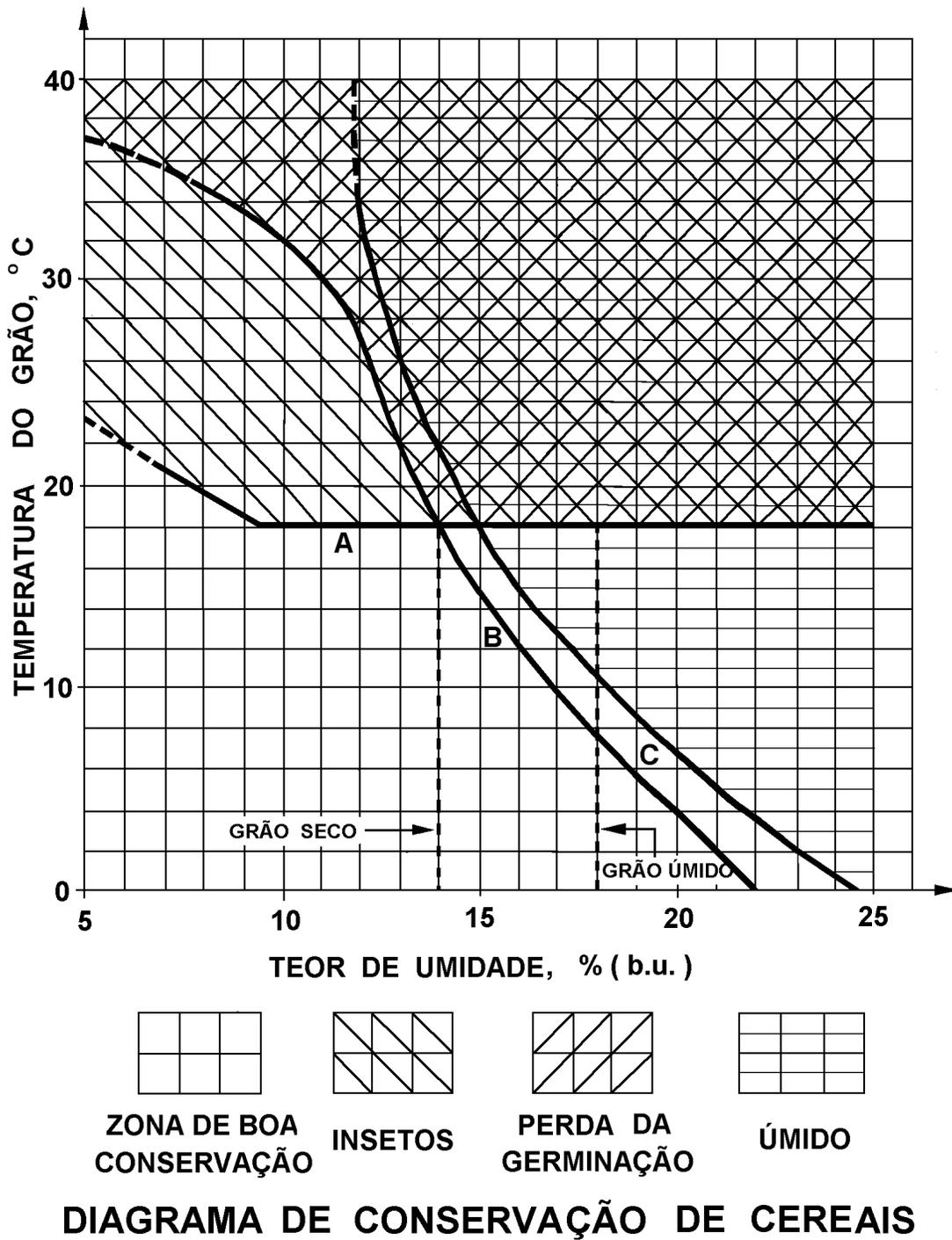


Figura 3 - Diagrama de boa conservação segundo Burrell e Burrell

Este diagrama nos indica os parâmetros a serem observados e que servem de guia para o armazenamento adequada, principalmente tendo-se o teor de umidade e temperatura do grão ou semente como base.

De acordo com o diagrama, a condição teórica ideal para armazenagem seria aquelas representadas pelo ponto situado abaixo à esquerda onde o teor de umidade e a temperatura atingem o mínimo. No entanto, tanto o abaixamento de temperatura como a redução do teor de umidade requerem energia e representam custos. Assim, é importante que se encontre aquele ponto em que se situe em condições de equilíbrio, ou melhor, do balanço entre os custos e principalmente da sua viabilidade prática.

A linha **A** representa a condição acima da qual ocorre o desenvolvimento de insetos e necessita de precauções para o controle dos mesmos.

A linha **B** representa condições de armazenagem de sementes para plantio em que são desejáveis condições à esquerda desta linha.

A linha **C** para grãos para consumo ou industrialização, em que à semelhança do caso anterior, são desejáveis as condições, também à esquerda da linha. Observa-se para este caso de que permite-se uma certa tolerância em relação a sementes.

O relato de três estudos de casos poderá ilustrar e fazer compreender melhor o que foi exposto.

O primeiro caso trata-se de um fato ocorrido no município de Berilo, MG, numa das regiões mais pobres de Minas Gerais, em que um programa do Banco Mundial de desenvolvimento de comunidades mais carentes pretendia além de outros aspectos a promover o desenvolvimento da armazenagem de produtos agrícolas voltadas ao pequeno agricultor.

A propriedade rural localizada em região de difícil acesso produzia milho, parte para sua subsistência outra parte armazenada para posterior comercialização. Normalmente as perdas eram significativas devido a infestação de insetos, roedores, pássaros e estragados pelo excesso de umidade. Na região era comum as residências serem construídas de pau a pique, com acabamento das paredes utilizando-se uma mistura de areia e esterco bovino fresco e clareada com argila clara comum na região, quase branca, tanto na parte interna como na parte externa. A cobertura feita de sapé ou telhas de cerâmica.

Aproveitando-se a vocação e habilidade dos agricultores e dos recursos disponíveis da região, foi sugerido a construção de um silo de pau-a pique, em forma de um paralelepípedo, para capacidade em torno de 4 toneladas de milho, a granel, construído sobre um piso elevado de aproximadamente 1 metro de altura, feito de paus roliços amarrados com cipós e barreiros, sobre pilares de tocos de madeira dotados com chapéu chinês invertido feito de folha de flandres de latas de óleo comestível para evitar que roedores subam.

No piso do silo, na parte central, um furo de aproximadamente 15 cm de diâmetro com um pedaço de câmara de pneu para as retiradas parciais de milho.

Na parte superior uma abertura quadrada de aproximadamente 40 cm de lado para o carregamento do silo que era fechado com uma tampa com as dimensões ligeiramente superiores ao do furo para ter apoio e barreiros para promover a vedação adequada.

O silo tinha uma cobertura de sapé para evitar a água de chuva e promover sombreamento para evitar aquecimento com os raios solares.

Após a carga do silo, introduzia-se um vasilhame com álcool e ateava-se fogo e a tampa era colocada. A combustão do álcool consumia o oxigênio e promovia sua redução no ambiente interno do silo. Durante a armazenagem a própria respiração dos grãos promovia um ambiente rico em CO₂ evitando-se o desenvolvimento de insetos.

As paredes eram bons isolantes térmicos e com cobertura de sapé mantinha a temperatura relativamente estável e mais baixa que o ambiente.

Técnicamente estava-se aplicando a armazenagem com atmosfera modificada e controlada com a maioria dos recursos disponíveis na propriedade rural com mínima dependência de materiais do comércio local.

Durante 8 meses, os técnicos monitoraram a qualidade do milho pela retirada de amostras e foi observado de que o produto permaneceu praticamente com a qualidade inicial e o comércio local, no final do ano dava preferência pelo milho deste produtor pela qualidade apresentada. Além disso não houve necessidade de se aplicar nenhum pesticida químico para o controle de pragas.

O segundo caso é o silo de pequeno porte, desenvolvido pelo Prof. Juarez de Sousa e Silva da Universidade Federal de Viçosa, para até 6 toneladas a granel, em região de minifúndio, construído pelo próprio agricultor, feito de paredes de ferrocimento envolvendo um lençol de plástico sobre uma plataforma com furo no centro, também com pedaço de câmara de pneu para promover a descarga, cuja característica principal é o de rapidez de construção e custo compatível em região com disponibilidade de cimento, ferro de construção e lençol de plástico. Tecnologia de armazenagem idêntica a anterior.

O terceiro caso é de criadores de pequenos animais, no caso específico, suinocultores em que necessitavam de silos para armazenar milho a granel de até 270 toneladas, modulares acoplada a uma pequena fábrica de ração, situado na Região da Zona da Mata de Minas Gerais.

O silo era de alvenaria, de forma de paralelepípedo, semelhante as residências da maioria dos agricultores da região, com cobertura de telha de amianto ou de telhas cerâmica, preferencialmente ao lado de uma encosta que através de uma plataforma, removível após a operação de carga, na parte superior do silo possibilitava o carregamento do silo. O piso era dotado de um fundo falso com aerodutos e chapas metálicas perfuradas para promover aeração.

Abaixo do piso, um cômodo que consistia numa fábrica de ração com um moinho a martelo que era alimentado, por gravidade, através de um tubo valvulado, tinha também um misturador de ração e um ventilador para a aeração do silo. Um motor elétrico ou a diesel acionava através de árvores de transmissão o moinho, misturador e ventilador, todos simultaneamente.

Sendo o silo semelhante a sua casa, o agricultor não havia necessidade de recorrer a “especialistas” urbanos. O carregamento do silo era feito poucas vezes por ano, era feito por meio de uma plataforma móvel dispensando-se equipamentos de carga. Como a ração era feita todos os dias, o sistema de aeração também era acionado diariamente.

Neste caso, havia necessidade de promover expurgo logo após cada carga e toda vez que fosse observado reinfestação de insetos complementado com aplicação de um inseticida de contato na parte superficial da massa de grãos. As paredes laterais, na parte externa, no mínimo de até 1 metro era feito um acabamento bem liso para evitar que

ratos subam e entrem no silo, assim como a plataforma de carga normalmente não permanecia no lugar para evitar que os roedores a utilizasse para acessar o interior do silo.

O consumo do milho era diário e pouco de cada vez e feita por gravidade. O carregamento do silo era feito poucas vezes por ano e assim, não se justifica a aquisição de equipamento de carga para ser utilizado uma ou no máximo 3 vezes ao ano.

Através destes três exemplos espera-se que tenha demonstrado de que não existem fórmulas pré-concebidas para a armazenagem nas fazendas, principalmente para pequenos agricultores.

A medida que se eleva o nível dos agricultores podem ser adotados estruturas baseando-se em sistemas padronizados adaptando-os para as necessidades específicas requeridas para cada caso. Mas mesmo aqui deve-se levar em conta as observações feitas anteriormente.

Como no país ainda é muito praticada a armazenagem convencional, isto é, em sacos ou embalagens, e para aqueles que necessitarem de maiores informações a respeito deste assunto, foram editados dois livros, Manual do Armazenista (Brandão, 1989) e o Dicionário de Armazenamento (Brandão, 1994), que são considerados os mais completos sobre o referido assunto abordado com bastante detalhes.

1.2. Estruturas para armazenagem de grãos e sementes nas pequenas propriedades rurais

Todos os esforços e gastos feitos durante o cultivo pode ser perdido em poucos dias se o produto (grãos ou sementes) for mal armazenado. Portanto, a manutenção da qualidade dos grãos e sementes, durante o período que vai da colheita até o plantio seguinte, no caso de sementes, ou a comercialização quando se tratar de grãos, deve ser objeto de atenção especial, principalmente nas regiões que possam apresentar condições desfavorável de clima.

A eficiência e o controle da qualidade dos grãos e sementes armazenados depende das características do armazém, das condições dos materiais biológicos e da presença e controle dos insetos e roedores.

Paióis

Fontes (1984) tratando do emprego de materiais usados no meio rural na construção de *Paióis* para armazenar milho, diz que o material usado não exerce influência na qualidade do milho armazenado em espigas, entretanto esses fazem diferença marcante entre as estruturas, os quais implicam em:

- custo que varia com o tipo do material usado na construção;
- gastos com a manutenção: constante em algumas e quase inexistente, por longo períodos, em outras;
- controle de focos de infestação de insetos e limpeza do paiol.

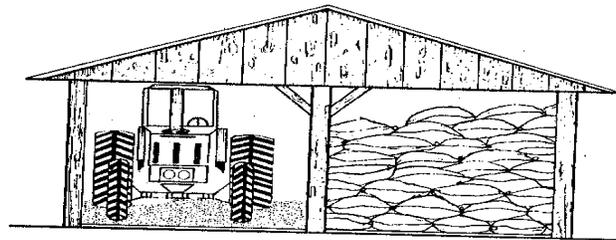
O paiol é uma estrutura que requer vigilância permanente no controle dos insetos devido as dificuldades que apresenta. É uma construção destinada a armazenar milho em espiga e com palha, servindo também para completar a secagem dos grãos. Devendo para isto ser construído no sentido transversal aos dos ventos dominantes e não podendo ser muito largo. Assim, conduzido se obtém melhor secagem e conservação dos grãos e sementes.

O paiol tem a vantagem de permitir a guarda e conservação da produção à medida em que é consumida e, ou, comercializada. É uma construção simples e de baixo custo e pode, como já referenciado, ser construído nos mais variados modelos, com materiais adequados e disponíveis na propriedade rural ou na região.

Na construção de um paiol deve-se considerar os seguintes aspectos (Puzzi, 1973; Brandão, 1994).

- construir em local seco e não sujeitos a enxurradas. As paredes, quando de madeira devem ser formadas por sarrafos espaçados de 3 a 4 cm, para a movimentação do ar através do compartimento de armazenagem;
- o piso deve ficar elevado, no mínimo, 80 cm acima do solo e apoiado de preferência em pilares de alvenaria e inclinado de 1 a 2%, no sentido de abertura da porta;
- possuir dispositivos anti-ratos em suas colunas de sustentação;
- a construção deve ser separadas de outras o suficiente para impedir o acesso de roedores;
- a porta para o enchimento deve ser dividida horizontalmente, em duas outras portas, para facilitar o carregamento até a parte superior;
- a escada deve ser removível e mantida afastada do paiol sempre que não estiver sendo utilizada;
- deve ser dimensionado em função da área plantada e da produtividade média;
- construído com pilares de madeira ou de alvenaria;
- cobertura de uma ou duas águas com telha fibrocimento ou cerâmica. Deve ter um beiral para proteger o milho da chuva.

Este tipo de construção destinado a armazenar milho em espiga com palha pode ser construído usando como material a tábuas, a madeira roliça, a tela, o bambu e também em alvenaria, conforme mostrado nas Figuras de 4 a 6.



Galpão

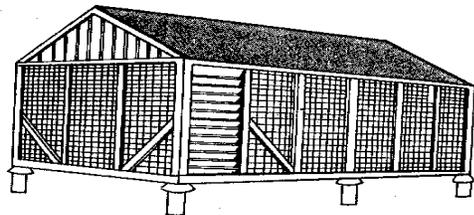


Figura 4. - Paiol de madeira com abas côncavas para evitar o ataque de ratos.

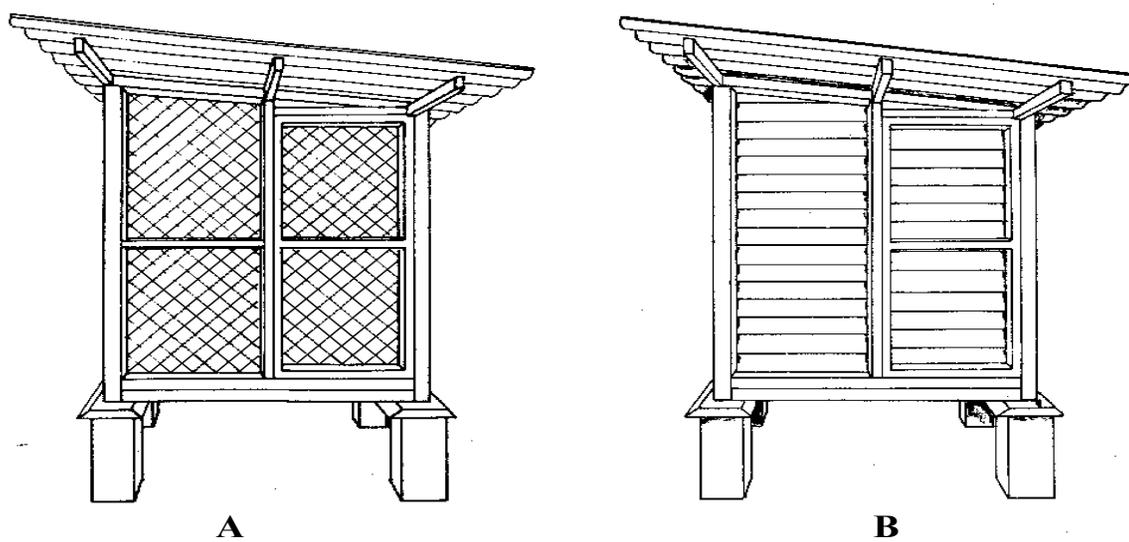


Figura 5 - Paiol de tela (A) e tábuas (B) apoiados em pilares de alvenaria e/ou madeira com abas de concreto, côncavas, para evitar o ataque de ratos

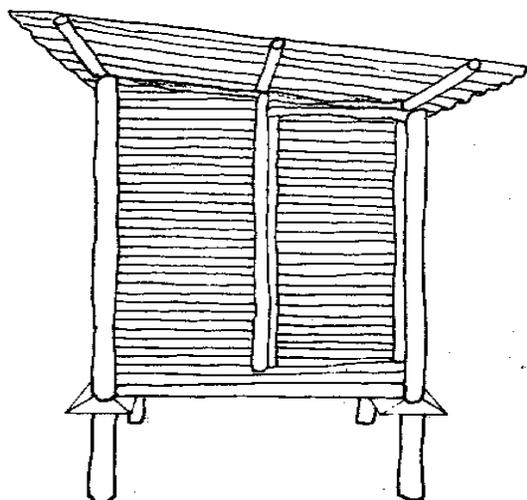


Figura 6 - Paiol de madeira roliça com abas, côncavas, para evitar o ataque de ratos.

Nas Figuras de 7 a 10 são apresentadas plantas de paióis (Fontes, 1984) com capacidade média para armazenar 100 , 200 e 400 sacos de milho empalhado. Estes paióis podem ser construídos em *alvenaria, tábuas, madeira roliça, tela ou bambu*.

1. Dimensões para a construção de um paiol para armazenar 100 sacos (Fig. 7):

- comprimento: 4,4 metros
- largura: 2,2 metros

- pé direito 2,5 metros

1.1. Construção:

- sobre pilares de concreto ou madeira;
- sapatas de concreto sob cada pilar medindo 0,50 X 0,50 X 0,10;
- piso feito de madeira;
- telhado com telha de cimento amianto ou zinco;
- beiral de 0,40 metros;
- paredes com pequenos espaços entre seus componentes.

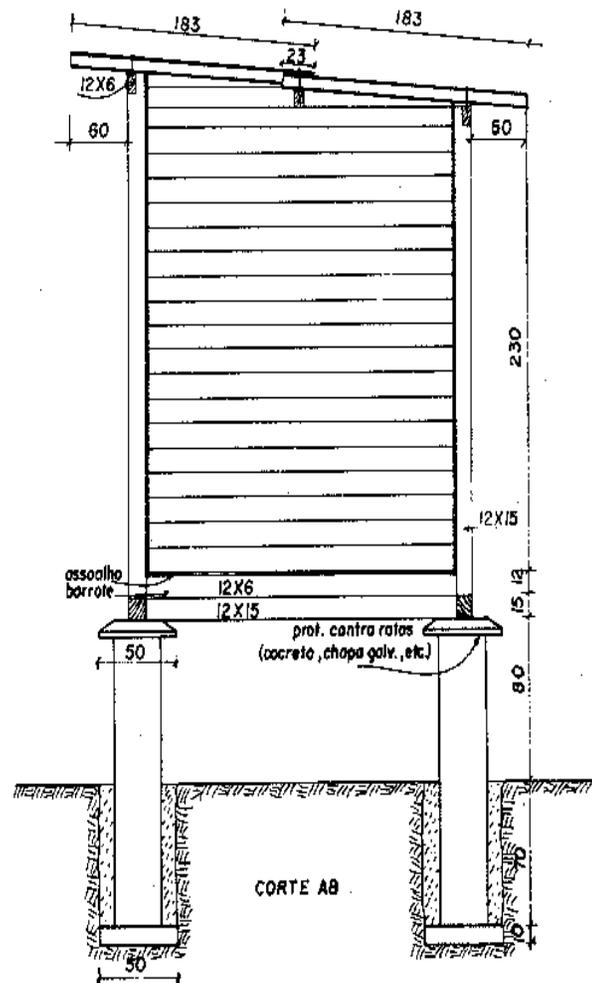
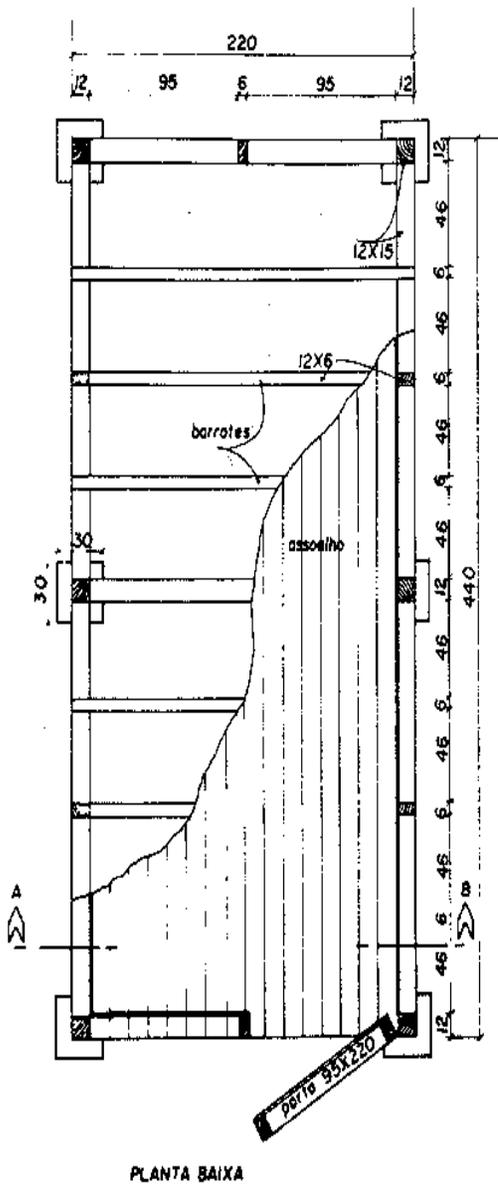


Figura 7. Paiol de tábua para 100 sacos de milho (7 carros aproximadamente).

8):

2. Dimensões para a construção de um paiol para armazenar 200 sacas (Fig.

- comprimento: 4,4 metros
- largura: 4,2 metros
- pé direito 2,5 metros

2.1. Construção:

- sobre pilares de concreto ou madeira;
- sapatas de concreto sob cada pilar medindo 0,50 X 0,50 X 0,10;
- piso feito de madeira;
- telhado com telha de cimento amianto ou zinco;
- beiral de 0,40 metros;
- paredes com pequenos espaço entre seus componentes.

9):

3. Dimensões para a construção de um paiol para armazenar 400 sacas (Fig.

- comprimento: 6,2 metros
- largura: 4,4 metros
- pé direito 3,0 metros

3.1. Construção:

- sobre pilares de concreto ou madeira;
- sapatas de concreto sob cada pilar medindo 0,50 X 0,50 X 0,10;
- piso feito de madeira;
- telhado com telha de cimento amianto ou zinco;
- beiral de 0,40 metros;
- paredes com pequenos espaço entre seus componentes.

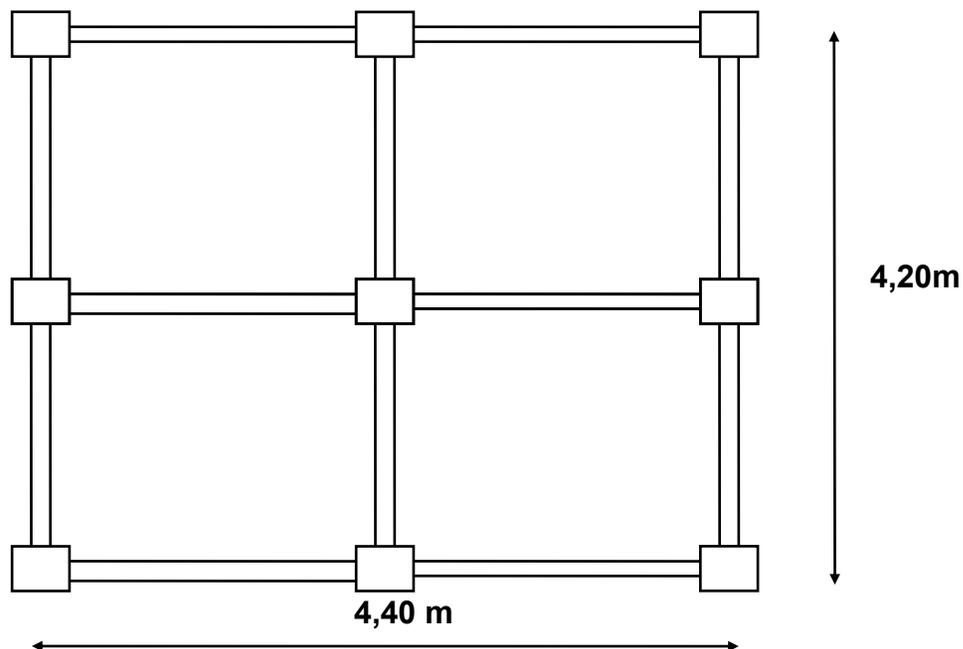


Figura 8. Planta baixa de um paiol para armazenar 200 sacas de milho

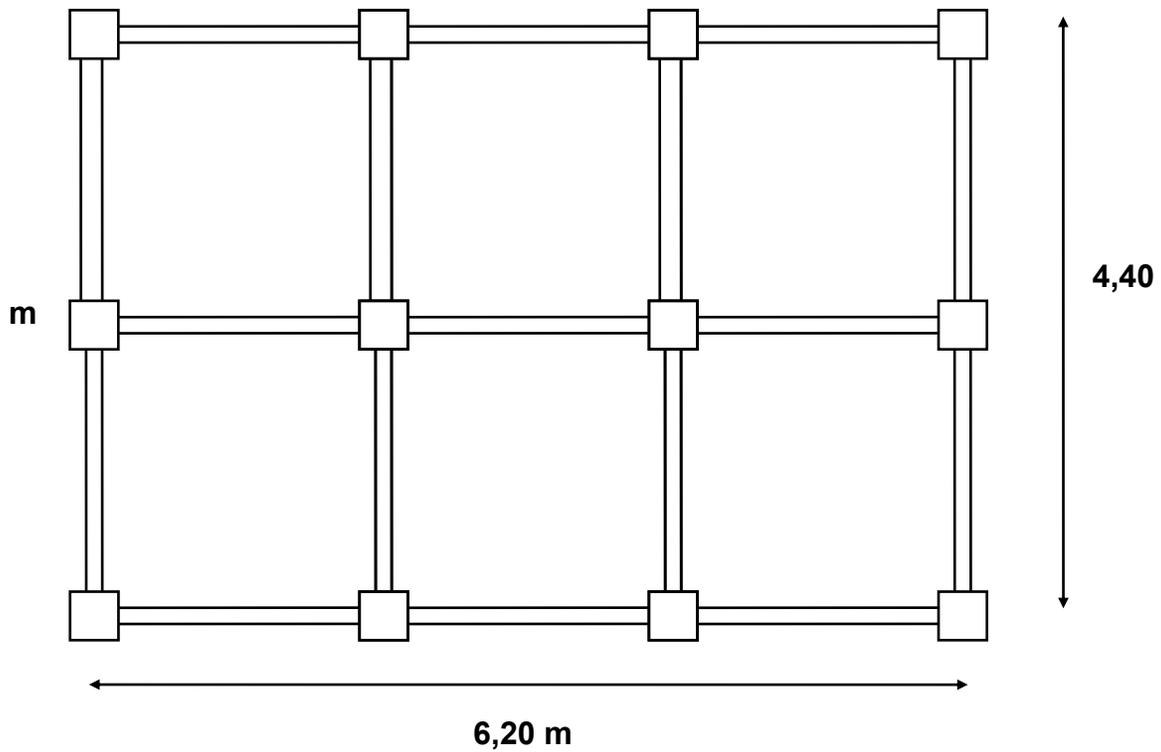


Figura 9. Planta baixa de um paiol para armazenar 400 sacas de milho.

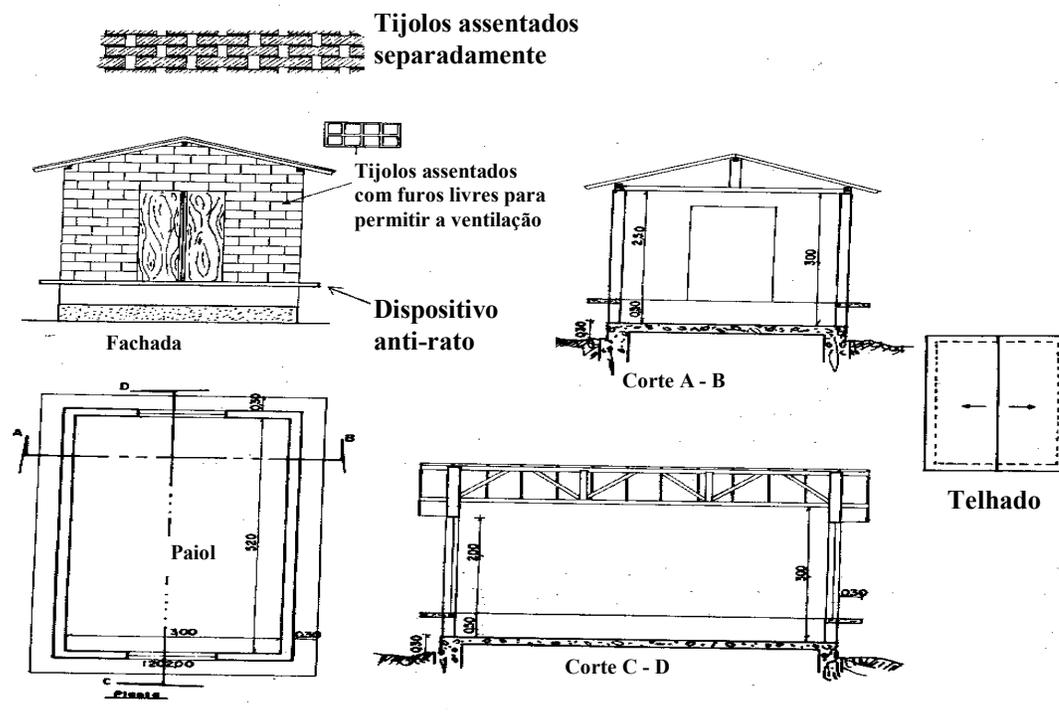


Figura 10 - Paiol de alvenaria construído ao nível do solo e com proteção anti-rato

Na armazenagem a nível de propriedades rural pode ser empregado, além do paiol, os seguintes tipos de unidades armazenadoras:

Armazenamento hermético

O princípio básico deste tipo de conservação de grãos e, ou, sementes é o de eliminar o oxigênio existente no ar do depósito ou recipiente hermético até um nível que suprima os organismos nocivos que dependem do oxigênio para viverem. Em si tratando de insetos e fungos estes devem morrer antes que possam acarretar danos graves ao produto (Figuras de 11 a 13).

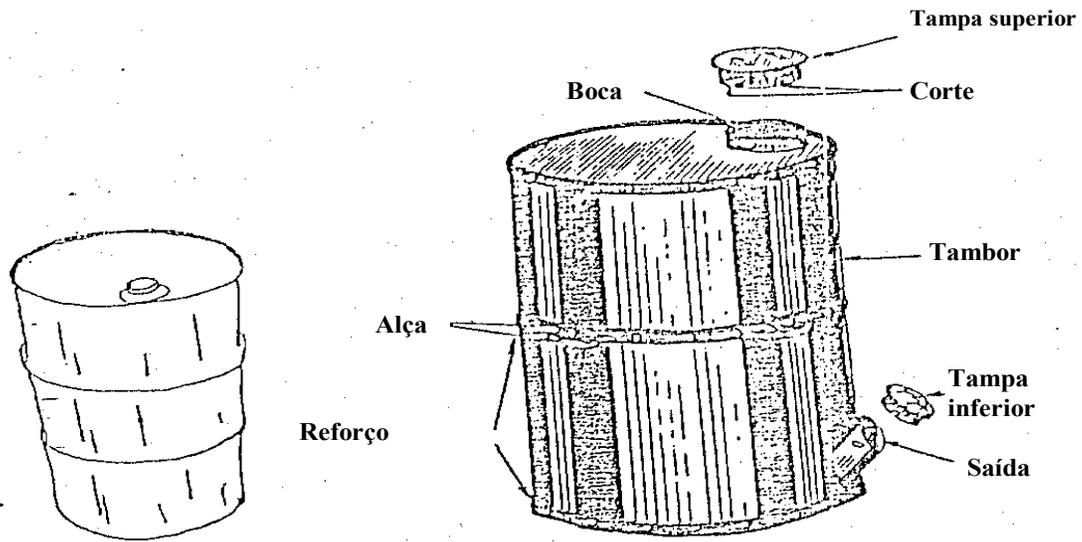


Figura 11. Armazenamento em tambores metálicos (Aliaga, 1993)

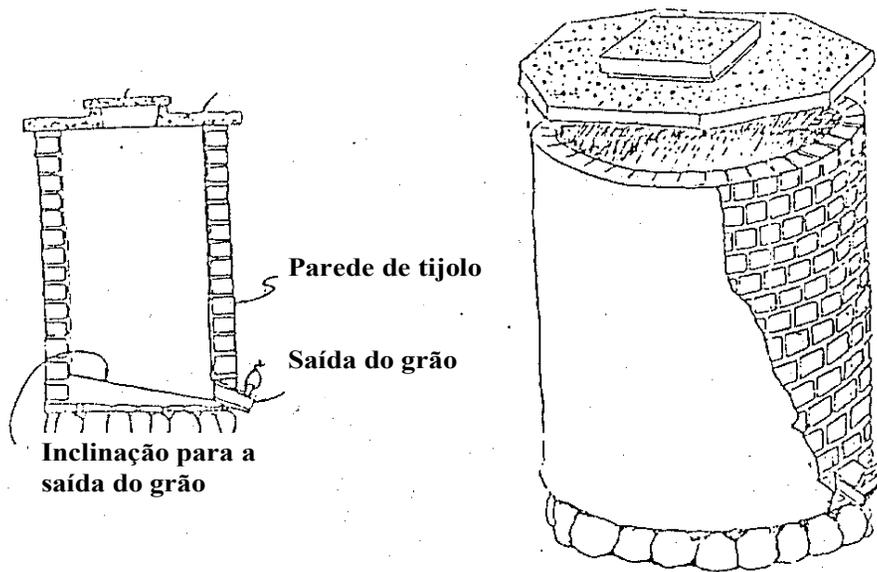
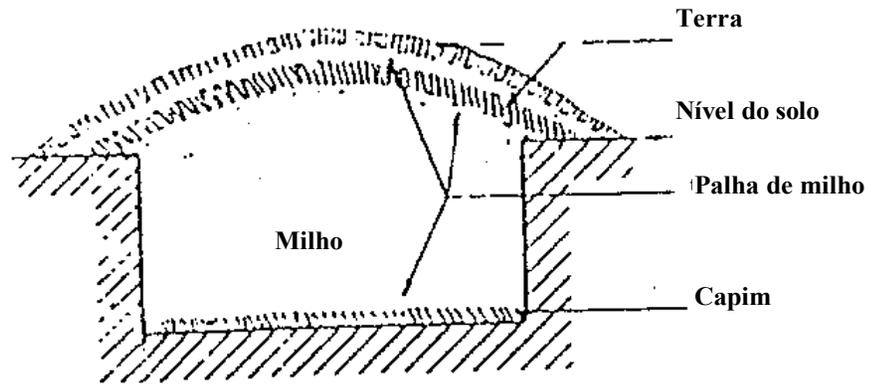
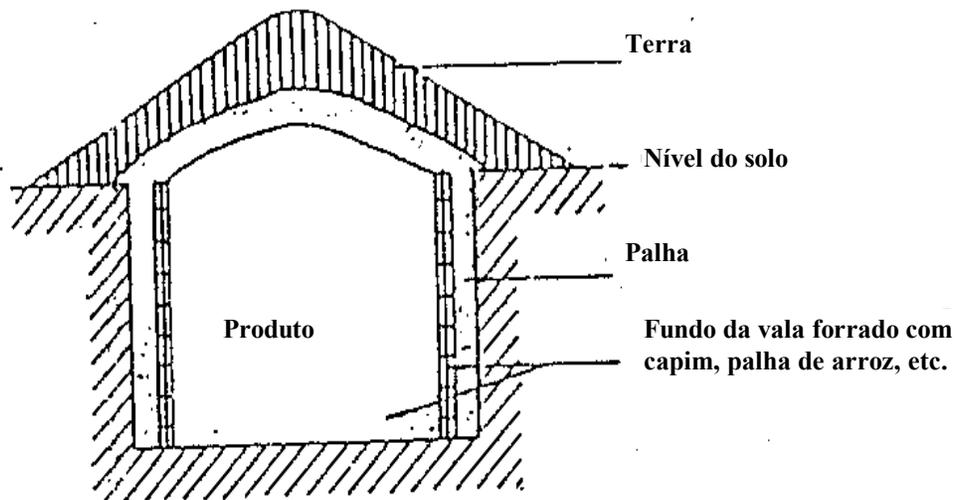


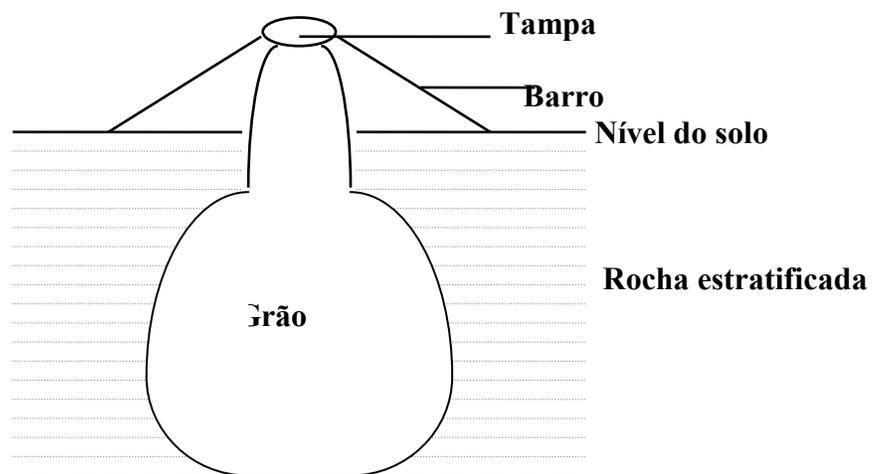
Figura 12 - Armazenamento em depósitos de alvenaria (Aliaga, 1993)



Vala quadrada



Vala circular



Vala em forma de garrafa

Figura 13 - Armazenamento em cavidades subterrâneas (Aliaga, 1993)

São vantagens do armazenamento hermético: (a) facilidade de uso, (b) eliminação de insetos e pragas, sem necessidade de recorrer ao emprego de produtos químicos tóxicos e (c) o custo pequeno frente a muitos depósitos e recipientes usados por muitos produtores.

Armazenamento de grãos em tambores metálicos:

Este tipo de unidade armazenadora é bastante utilizada para armazenar milho, arroz, feijão e sorgo. O produto deve estar com um teor de umidade de 12% ou menos ao ser colocado no tambor. Cada tambor de 220 litros pode armazenar aproximadamente 160 quilos de grãos e, ou, sementes (Figura 11).

Como vantagens deste sistema são apresentadas: (a) ser hermético, (b) não inibir a germinação da semente, (c) ser barato, (d) permitir o expurgo e (e) conservar bem o produto da colheita ao plantio (4 a 6 meses). Entretanto no emprego desse sistema deve-se ter o cuidado de guardar o tambor onde não seja atingido pelos raios do sol, para evitar mudanças de temperatura e umidade no produto armazenado e, também, assegurar-se que o tambor esteja cheio de grãos e, ou, sementes.

Silo subterrâneo

O silo subterrâneo é uma unidade armazenadora na qual um grau de hermeticidade suficiente para o controle de insetos é obtida pela colocação de uma lona plástica, dentro de uma vala.

Entre as vantagens desse sistema de armazenagem cita-se a proteção contra insetos, roedores e pássaros, sem que haja necessidade do tratamento químico, além da maior uniformidade de temperatura e proteção contra roubos.

O primeiro passo a ser dado na construção do silo subterrâneo é o cálculo de suas dimensões. O comprimento e a largura da base deve ser marcados inicialmente, podendo nessa operação ser usado barbante e estacas e depois a enxada. Os lados do silo devem ser cortados até à profundidade certa, com trator ou com arado. A medida que o corte é feito a terra deve ser retirada. Em solos argilosos as paredes devem ficar a prumo objetivando facilitar o trabalho de descarregamento. Entretanto quando o descarregamento for efetuado mecanicamente com um transportador helicoidal (rosca sem fim), o corte da terra, unido a largura do topo com a largura da base, pode ser feito com uma enxada. Esta inclinação deve ser de 25% à 30% para cada metro de profundidade.

O fundo do silo deve ter uma pequena inclinação para o lado da boca, o que facilita a descarga. Em volta do silo, a mais ou menos um metro de distância, deve-se abrir uma vala, para escoamento da água das chuvas. Toda sequência para a instalação de um silo subterrâneo é apresentada nas Figuras de 14 a 31 (Santori e Almeida, 1987).

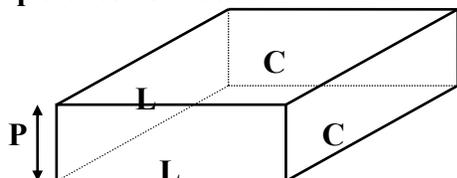
A profundidade deste tipo de silo pode ser de 1,30 metros quando o descarregamento for manual e de até 2,0 metros para um descarregamento mecânico.

Santori e Almeida (1987) objetivando oferecer uma alternativa simples, eficiente e de baixo custo para a armazenagem a nível de propriedade rural, mostra como calcular as dimensões da vala e das lonas de envolvimento e de cobertura de um silo desta natureza conforme segue:

Largura da vala: esta pode ser calculada em função da largura das lonas a serem utilizadas. No mercado essas lonas são disponíveis em larguras de 2, 4, 5, 6, 8 e 10 metros.

As lonas podem ser emendadas por superposição dos bordos (6 a 10 cm) e colagem, usando-se cola de sapateiro.

Vala com paredes verticais:



L = largura na “boca” = largura no fundo

P = profundidade da vala

C = comprimento na “boca” = comprimento no fundo

Pela Figura, pode-se deduzir facilmente a largura da lona plástica necessária para o envolvimento de toda massa de grãos contida na *vala + pirâmide*:

$L + L + P + P + 1/4L$ = largura da lona plástica, isto é: $2L + 2P + 0,25L = 2,25L + 2P$.

Portanto:

Largura da lona = $2,25L + 2P$
--

$1/4L$ = margem de segurança necessária para acompanhar os degraus e a declividade da *pirâmide*.

Vala com paredes inclinadas: como a declividade das paredes do silo deve ser de 25% a 30% em relação a vertical, tem-se:

declividade = $a/P \times 100$

Com declividade de 30%, tem-se:

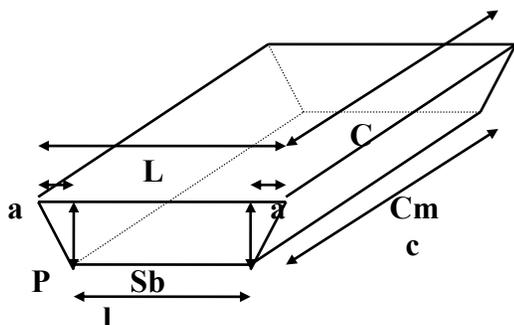
$30\% = a/P \times 100$ $a = (30 \times P)/100$

$a = 0,30P$

Com declividade de 25%, tem-se:

$25\% = a/P \times 100$ $a = (25 \times P)/100$

$a = 0,25P$



Nessa Figura, tem-se:

$$L = 1 + a + a \quad L = 1 + 2a$$

Se $a = 0,3P$ tem-se:

$$L = 1 + 2 \times 0,3P \quad \boxed{L = 1 + 0,6P} \text{ (com 30\% de declividade)}$$

Se $a = 0,25P$ tem-se:

$$L = 1 + 2 \times 0,25P \quad \boxed{L = 1 + 0,5P} \text{ (com 25\% de declividade)}$$

Ainda de acordo com a mesma Figura tem-se que:

$$\text{Largura da lona} = L + 1 + 2P + 0,25L$$

$$\text{Largura da lona} = 1,25L + 1 + 2P$$

$$\text{Mas: } L = 1 + 0,6P$$

$$\text{Então: } \boxed{\text{Largura da lona} = 1,25(1 + 0,6P) + 1 + 2P}$$

Comprimento da vala: para a determinação do comprimento da vala, considera-se os valores já definidos:

L = largura da *boca* do silo

1 = largura do fundo

P = Profundidade

25 a 30% = declividade das paredes

O comprimento do silo vai depender da quantidade de grãos a ser armazenado. Entretanto a quantidade total de grãos armazenados no silo pode ser expressa pela seguinte igualdade:

$$\boxed{\text{Capac. total do silo} = \text{Quant. na vala} + \text{Quant. na pirâmide}}$$

Observação: As lonas plásticas são disponíveis no mercado em rolos de 50 até 100 metros de comprimento, permitindo o revestimento de valas de grande extensão.

Quantidade do produto dentro da vala: para efeito de avaliação considera-se $0,75\text{g/cm}^3$ (ou 750kg/m^3) o peso específico aparente médio dos diversos grãos e, assim, tem-se que:

$$\boxed{\text{Quant. na vala} = \text{Capac. total do silo} - \text{Quant. na pirâmide}}$$

Quantidade do produto na pirâmide: observações práticas têm indicado que as quantidades do produto ensacado mais o produto a granel gastos na construção da *pirâmide* atingem cerca de 300kg/m^2 da *boca* da vala. Essa quantidade é estimada considerando-se uma *pirâmide* relativamente baixa, com sacos não muito cheios.

Capacidade total do silo: se a capacidade total do silo é igual a quantidade na vala mais a da *pirâmide*. Pode-se deduzir da Figura anterior que:

$$\text{Capac. Total do silo} = (S_b \times C_m \times 750) + (S_{\text{boca do silo}} \times 300)$$

em que

Capacidade total do silo = quantidade de grãos a ser armazenada (em kg)

S_b = superfície da parede menor do silo (em m^2) = $(L + l)/2 \times P$

C_m = comprimento médio do silo (em metro)

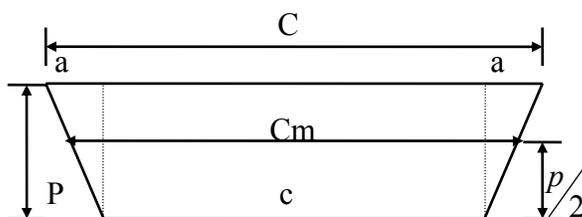
$750 \text{ kg}/m^3$ = peso específico aparente médio de diversos grãos

$300 \text{ kg}/m^2$ = quantidade do produto ensacado, mais a quantidade a granel na *pirâmide*

de

$S_{\text{boca do silo}}$ (em m^2) = $C \times L$

Na Figura abaixo observa-se que:



$$C_m = (C + c)/2 = [C + (C - 2a)]/2 = (2C - 2a)/2 = [2(C - a)]/2 = C - a$$

Mas: $a = 0,3 \times P$ (com declividade = 30%)

Como: $C_m = C - a$

Logo: $C_m = C - 0,3 \times P$

Portanto:

$$\text{Capac. total do silo} = [(L + l)/2 \times P \times (C - 0,3 \times P) \times 750] + [C \times L \times 300]$$

Usar: 0,3 → com 30% de declividade

0,25 → com 25% de declividade

Observação: através dessa fórmula tem-se o valor do comprimento C .

Cálculo das dimensões das lonas: a largura da lona de envolvimento, dimensiona-se em função das larguras das lonas disponíveis no mercado (largura L da boca e l do fundo e P profundidade da vala). O comprimento da lona de envolvimento pode ser calculado pela seguinte igualdade:

$$\text{Comprimento da lona de envolvimento} = c + 2P + \text{m.s.}$$

em que

c = comprimento do fundo

m.s. = margem de segurança. Sendo esta de **1m para $P \leq 1,30\text{m}$** e de **2m para $P > 1,30\text{m}$** .

A largura e o comprimento da lona de cobertura podem ser estimados pelas igualdades que seguem:

$$\text{Largura da lona de cobertura} = L + 1,5 \text{ a } 2\text{m}$$

$$\text{Comprimento da lona de cobertura} = C + 1,5 \text{ a } 2\text{m}$$

em que

C = comprimento da *boca* e,

1,5 a 2m = lona necessária para cobrir faixa de 0,75 a 1m do solo ao redor do perímetro da vala.

Como sugestão para a construção do silo subterrâneo a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral do Instituto de Tecnologia de Alimentos (CATI/ITAL, 1981) publicou Tabelas onde, mediante as mesmas, pode-se calcular as dimensões das valas e das lonas plásticas usadas na construção do silo subterrâneo. As dimensões da vala e da lona contidas nessas Tabelas são baseadas nas fórmulas apresentadas nesse trabalho e têm como características principal serem calculadas a partir das larguras de lonas plásticas encontradas no mercado (4m, 6m e 8m), coladas ou não no sentido do comprimento. Nesse caso, a lona plástica é colocada dentro do silo com sua largura no sentido da largura (**L**) do silo. Porém há casos em que a largura da lona é maior que o seu comprimento. Por isso, na colocação do plástico dentro da vala, este é o critério adotado: *largura indicada na coluna Lona de envolvimento* colocada sempre sobre a largura (**L**) indicada na coluna **Dimensões da vala**.

Sartori e Almeida (1987) dizem que essa observação é válida quando o comprimento (**C**) da vala for menor que a largura (**L**).



Figura 11 - Abertura da vala, manualmente, com Pá-carregadeira ou retroescavadeira.



Figura 13 - Homem fazendo a inclinação das paredes do silo.



Figura 15 - Homens formando o fundo da vala com sacaria plástica para proteção da lona.



Figura 12 - Construção da parede correspondente à rampa de entrada com a máquina.



Figura 14 - Aplicação de cupinicida nas paredes e fundo da vala.



Figura 16 - Medição, corte e colagem da lona de envolvimento.



Figura 17 - Aplicação da cola em camada fina, nos dois bordos da lona, para melhor aderência.



Figura 18 - Juntar os bordos pressionando-os e esticando-os para evitar o enrugamento da lona.



Figura 19 - Centralização e fixação da lona plástica.



Figura 20 - Colocação do encerado ao lado da vala por onde será realizado o enchimento do silo.



Figura 21 - Colocação da lona plástica na vala.



Figura 22 - Carregamento do silo com caminhão.



Figura 23 - Carregamento do silo com carreta.



Figura 24 - Nivelamento do produto com o bordo superior da vala.



Figura 25 - Colocação do produto ensacado em fileira ao redor do perímetro da vala sobre o produto a granel, até o fechamento da *pirâmide*.



Figura 26 - Colocação de outra fileira de sacos sobre o produto a granel ao lado do primeiro quadro, formando o segundo quadro. Preencher e nivelar com o produto a granel até o nível do 2º quadro



Figura 27 - Fechamento da lona plástica de envolvimento, colocando-se os bordos da lona com cola de sapateiro. Deixar um orifício de 20cm sem cola, para saída do ar.

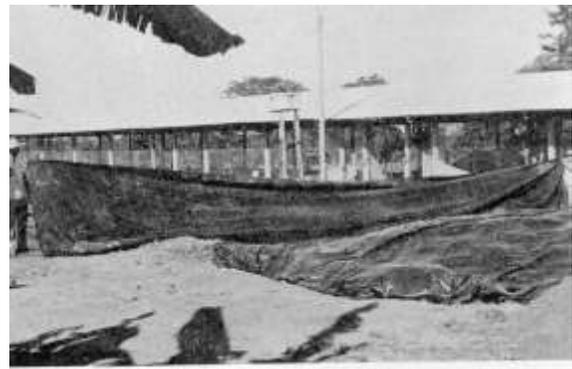


Figura 28 - Colocação da lona de cobertura, ultrapassando os bordos da vala.

1.3. Outras estruturas para o armazenamento de grãos e sementes nas propriedades rurais

A unidades armazenadoras, encontradas nas propriedades rurais, que serão descritas a seguir são unidades utilizadas por grande e médio produtores, e mais raramente pelos pequenos proprietários de terra. Contudo estas unidades, também, são utilizadas pelos pequenos produtores rurais, quando estes se organizam no sistema de parceria, ou na forma de Cooperativa.

Silos metálicos

Os silos metálicos atualmente são as unidades armazenadoras mais populares a nível de pequeno, médio e grandes produtores de grãos e sementes, contudo para pequenos e médios produtores os custos desses silos são considerados elevados, passando a ser uma aspiração futura dos agricultores quando esses melhorarem suas condições de vida. Nos países desenvolvidos esses silos são a marca de desenvolvimento agrícola do produtor rural, sendo assim, quanto maior a sua unidade armazenadora, maior sua capacidade de negociação e ganho com o seu produto, já que esta armazenagem permite ao agricultor não vender grande parte de seu produto na safra, quando o preço de seu produto está no valor mais baixo de comercialização. Desta forma, a unidade armazenadora permite ao agricultor vender sua safra gradativamente e quando o preço de seu produto é mais compensador. A Figura 32 contém uma ilustração de uma unidade de armazenagem típica de fazendas americanas.

Figura 32 - Unidade armazenadora típica de uma fazenda americana.

Pelas razões acima mencionadas a unidade armazenadora de produtos passa a ser a principal motivação da fixação do homem no campo, pois neste caso a lucratividade fica no campo e não na cidade, na mão dos atravessadores.

Os silos metálicos a nível de fazenda são confeccionados, de uma maneira geral, com capacidades que variam de 1 a 200 toneladas e são constituídos de chapas de ferro galvanizado, podendo a chapa ser lisa ou corrugada.

De uma maneira geral, as placas de chapa de ferro galvanizado usadas na confecção do silo, quando colocadas uma acima da outra, são dispostas deslocando-se 50% uma da outra, conforme ilustrado nas Figuras 33 e 35. Esta disposição das chapas metálicas permite dar uma estrutura mais sólida ao silo.

Figura 33 - Silo metálico usado nas fazendas brasileiras.

A partir da década de 70, as unidades armazenadoras a nível de fazenda financiadas por ação direta do governo federal, foram obrigadas a adotar o sistema de aeração. Essa obrigatoriedade do sistema de aeração (Figura 34), permite tecnicamente evitar a migração de umidade e a condensação dos vapores de água provocado por diferenças de temperatura entre a massa do produto e do ar ambiente externo ao silo.

Figura 34 - Silos metálicos dotados de sistema de aeração.

Silos metálicos e condições climáticas

Devido as diversidades climáticas regionais, os silos metálicos exigem manejos diferentes e nem sempre são os silos mais adequados para armazenar determinados produtos agrícolas, sob determinadas condições climáticas, principalmente quando o produto é bastante sensível ao calor como é o caso de sementes de produtos agrícolas.

É preciso ter em mente que o sucesso da armazenagem em silos metálicos se deu em regiões onde o clima é temperado e no caso específico do Brasil, a grande maioria de seu território tem características de clima tropical e sub-tropical. Nesse caso, as técnicas de controle e de manejo dos silos tem que ser mais rigorosas, pois a armazenagem terá que lidar com os dois principais fatores de deterioração dos produtos armazenados: temperatura e umidade relativa do ar elevadas.

Cabe recordar que o país dispõe de História com relação a implantação do sistema de silos metálicos no nosso território. Na década de 60 por falta de conhecimento técnico e de manejo adequado, o silo metálico recebeu parecer negativo do Ministério da Agricultura para sua implantação. Só, praticamente, uma década mais tarde, é que com técnicos treinados no exterior, foi possível implantar com êxito os silos metálicos na sua verdadeira concepção armazenadora.

Lay-out Operacional

O lay-out de uma unidade armazenadora, constituída de silos, é de suma importância para o bom desempenho administrativo de uma propriedade rural, pois diz respeito a funcionabilidade do sistema, onde são projetadas as diversas operações possíveis de serem realizadas. Nesse processo (lay-out), o projeto da unidade armazenadora é apenas uma pequena parte do sistema. Neste sistema são estudadas as diversas possibilidades de escoamento dos grãos, prevendo-se capacidade estática e dinâmica do sistema; carga

energética envolvida; sistema de escoamento da produção (ferroviário, automotivo, pluvial e ou marítimo); linhas de processamento (recepção, pré-limpeza, secagem, limpeza, seleção, classificação, embalagem, expurgo); sobrecarga e ociosidade do sistema; custos etc..

Na Figura 35 é mostrado um exemplo de uma unidade armazenadora a nível de fazenda constituída de vários silos metálicos e na Figura 36 está uma planta baixa dessa unidade.

Figura 35 - Unidade armazenadora de grãos a nível de fazenda

Figura 36 - Planta baixa de um unidade armazenadora a nível de fazenda

Para essa etapa de elaboração do lay-out de um sistema de armazenamento de produtos agrícolas, o computador pode ser uma ferramenta poderosa, pois permite simular as diferentes situações operacionais do sistema e optar por uma delas.

A Figura 37 é constituída de um fluxograma operacional do sistema de secagem e armazenagem que mais ocorre nas fazendas brasileiras bem planejadas. Nesse sistema, durante a colheita, o produto é debulhado e despejado em uma caçamba graneleira (1). Essa caçamba é deslocada até a unidade de armazenagem, onde o produto é transportado através de uma rosca sem fim para uma máquina de pré-limpeza (2). Após a pré-limpeza, se o produto não estiver seco (12) este é levado ao secador (4) e (5) através uma rosca de carga (3). Se o produto já estiver seco, este passa diretamente ao silo metálico (7). O produto seco é distribuído no interior do silo metálico através de um espalhador de grãos (10), para evitar a formação do ângulo de repouso do produto, dando assim, uma uniformidade de distribuição do produto no interior do silo. O escoamento do produto armazenado, é feito através de uma rosca varredora (6) (Figura 38), que desloca os grãos para uma rosca de descarga (8), despejando o produto em um coletor de grãos. Com uma rosca sem fim (9), o produto é deslocado do coletor até um caminhão graneleiro.

Figura 37 - Fluxograma de um sistema operacional pós-colheita de grãos

O trabalho de lay-out não está restrito a operações e situações momentâneas, ele vai um pouco mais além, pois é preciso também saber prever expansões futuras e de progresso das atividades, ou, de encerrar-la quando necessária. A Figura 39 contém um exemplo de uma unidade armazenadora em que os silos estão dispostos em um sistema circular onde a recepção é centrada, sendo necessário apenas um distribuidor para carregar todos os silos. Na Figura 40 está uma outra alternativa de disposição dos silos, que se dá no sentido horizontal, permitindo uma expansão da capacidade, sem envolver maiores custos.

Figura 38 - Rosca varredora no interior de um silo

Figura 39 - Unidade armazenadora de grãos disposta em círculo.

Figura 40 - Unidade armazenadora disposta em sentido horizontal

Os aspectos condições climáticas e Lay-out operacional, abordados neste tópico de silos metálicos, servem também para qualquer outro tipo de silo de composição estrutural exposta a seguir.

Silo de Alvenaria

Como já mencionado anteriormente, os silos metálicos são considerados caros para serem adquiridos por pequenos e médios produtores rurais, assim, algumas instituições federais e estaduais como universidades e institutos de pesquisa, procuraram desenvolver silos que sejam de custo menor que os metálicos e que atendam as necessidades dos agricultores.

Os silos de alvenaria foram desenvolvidos, sobretudo, porque a alvenaria é um material que está na origem cultural do agricultor brasileiro. Os silos desenvolvidos foram em forma circular e retangular.

O silo retangular tem a mesma concepção da casa do agricultor, o que lhe permite maior intimidade, não só com a forma, mas também com o procedimento de construção.

No caso do silo retangular de alvenaria, a principal diferença está na necessidade de colocar tirantes extensores de ferro no interior do silo, pois as paredes de alvenaria não suportam as pressões estáticas laterais exercidas pelos grãos.

No caso de silos circulares, o processo é mais simples, pois a cada 1 m de altura é colocada uma cinta de concreto armado, conforme mostrado na Figura 41. Nesses silos de alvenaria é preciso ter atenção especial à impermeabilidade das paredes, pois caso isto não seja feito, existe um comprometimento da armazenagem dos produtos, pois umidade é água existente no ar e esta pode ser absorvida pelos grãos, provocando o desenvolvimento de microrganismos.

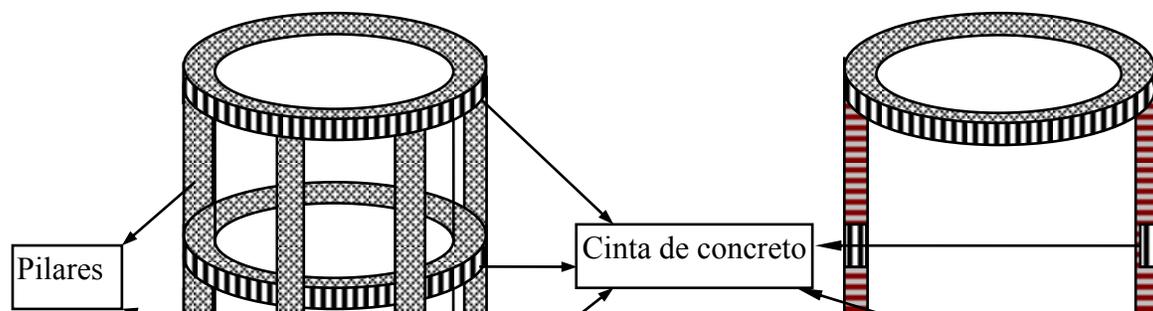


Figura 41 - Silo de alvenaria

Silos de solo-cimento

As estruturas de solo-cimento foram desenvolvidas para baratear custo. Estima-se que um silo feito de solo-cimento seria 60% mais barato que o de alvenaria.

O solo-cimento é uma argamassa formada de solo arenoso misturado a uma pequena quantidade de cimento e água. Para construir uma parede de 10 m² e espessura de 12 cm, são gastos 4 sacos de cimento e 1,6 m³ de solo arenos. O ideal é que o solo tenha 50 a 80 % de areia.

O silo de solo-cimento também necessita de impermeabilização. Para este tipo de silo, a impermeabilização é feita com uma camada de revestimento de 2 cm com um traço de 1:5 (1 saco de cimento com 5 sacos de solo arenoso), adicionando-se um produto impermeabilizante (por exemplo cica) na proporção recomendada pelo fabricante.

Silo de resina poliéster reforçado com fibra de vidro

Os silos de resina poliéster reforçado com fibra de vidro surgiram com a modernização industrial devido às várias vantagens apresentadas por estas substâncias de alta praticidade, desde sua funcionalidade e aquisição até seu barateamento. O desenvolvimento desses silos para pequenos produtores rurais (Figura 42), foi feita pelo Núcleo de Tecnologia em Armazenagem - NTA da Universidade Federal da Paraíba - UFPB e pela Equifiber, com auxílio financeiro do Banco do Brasil.

Figura 42 - Silo de resina poliéster reforçado com fibra de vidro desenvolvido pelo NTA-UFPB.

O desenvolvimeto se deu em virtude dos silos metalicos, na região nordeste, apresentarem uma alta taxa de transferência de calor para a massa de grãos, o que eleva a temperatura do produto, facilitando a sua degradação e alterando seus percentuais de composição, não permitindo, desta forma, uma armazenagem adequada. A resina poliéster reforçada com fibra de vidro, possui um baixo coeficiente de transferência de calor, atuando como isolante térmico.

Algumas questões foram levantadas quanto a possibilidade de, futuramente, estas instalações transferirem partículas de fibra de vidro para os alimentos, o que poderia provocar com o decorrer do tempo, câncer. Este fato, seria possível de ocorrer, se medidas de controle de qualidade na fabricação da resina poliéster reforçada com fibra de vidro, não fossem tomadas, senão estima-se que só em quinhentos anos este material teria a possibilidade de danificar-se, ou sofrer abrasão, de modo a desgastar a resina poliéster e permitir que a fibra de vidro entre em contato com o alimento. Esta preocupação também foi alvo do NTA-UFPB, que iniciou trabalhos de pesquisa no sentido de confeccionar estruturas, onde o compósito seria resina poliéster reforçado com fibras vegetais, sendo os resultados iniciais bem promissores.

Silos plásticos flexíveis

Os silos plásticos foram desenvolvidos, não para uma situação permanente, mas para situações emergenciais como é o caso de safras “records” inesperadas, ou, alocação

temporárias de produtos em determinadas regiões. Por esta razão o seu piso pode ser de terra batida (Figura 43), cascalho ou cimentado.

Figura 43 - Interior de um silo inflável de plástico flexível

Os silos de plástico flexíveis encontrados nas fazendas brasileiras são os silos infláveis e os silos plásticos, que cobrem uma estrutura armada podendo ser de madeira ou ferro.

Os silos infláveis, como mostrado na Figura 44, é um sistema onde, para manter a sua estrutura armada, necessita-se injetar ar constantemente no interior do silo. A grande desvantagem deste tipo de silo, é que existe a necessidade de energia constante para manter o sistema operando, além da armazenagem do produto sempre ficar dependente das condições de temperatura e umidade relativa do ar ambiente.

Figura 44 - Silo inflável de plástico flexível

Os silos plásticos flexíveis que recobrem uma estrutura de madeira ou ferro é ilustrado na Figura 45. Uma das desvantagens desses silos é a sua fragilidade estrutural, que muitas vezes não resistem a uma forte ventania nem a um tempo muito prolongado de armazenagem.

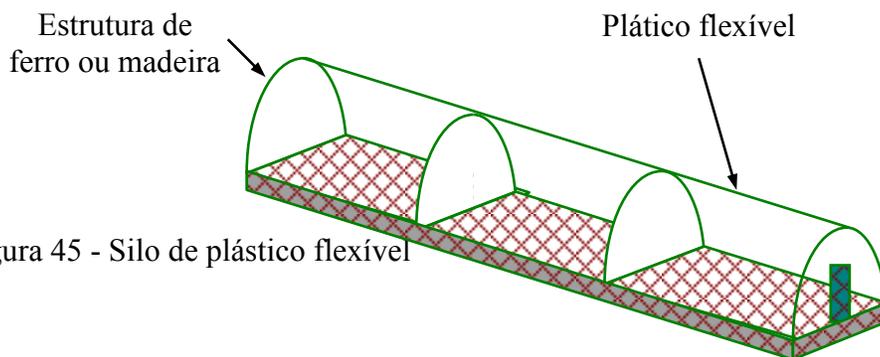


Figura 45 - Silo de plástico flexível

Como foi mencionado no início deste capítulo, o assunto sobre Estruturas de Armazenagem na Fazenda não foi esgotada, principalmente pela complexidade do mesmo. Procurou-se emitir mais sobre a filosofia que fundamenta o estudo e que os detalhes fossem buscados a medida que as necessidades forem surgindo e cada caso é um caso.

Finalmente, reitera-se a necessidade de se ter um bom embasamento técnico, conhecimento sócio-cultural-econômico regional e experiência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIAGA, T.J. Secamiento y almacenamiento de cereales. **In:** International Symposium On Grain Conservation, Canelas - RS, p. 467-503, 1993.
- BOUMANS, G. **Grain handling and storage** (Developments in agricultural engineering; 4) Elsevier Science Publishing Co., Inc. NY, USA. 1985. 436p.
- BRANDÃO, F. **Dicionário de armazenamento**. ABCAO. Ed. LÊ SA, Belo Horizonte, MG. 1994. 521 p.
- BRANDÃO, F. **Manual do armazenista**. 2^aed. Viçosa, UFV. Impr. Univ. 1989. 269p.
- FONTES, R. de. Estruturas para armazenamento de milho. **In:** Armazenamento e controle de pragas do milho, Sete Lagoas - MG, EMBRAPA/CNPMS, 1984. (Documento, 1).
- INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. Instruções práticas para utilização de silos subterrâneos a nível de fazenda. Campinas - SP, CATI/ITAL, 1981.
- PUZZI, D. **Conservação dos grãos armazenados**. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1973. 217p.
- PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. Campinas, SP, 1986. 603p.
- SINHA, R.N.; MUIR, W.E. **Grain storage: part of a system**. The AVI Publishing Co., Inc. Westport, Connecticut, USA. 1973. 481p.
- SINHA, R.N. Ecology of storage. **Annales de technologie agricole**. Institut National de la Recherche Agronomique. Paris., 1973. 22(3), 351-369.
- SANTORI, M. R. e ALMEIDA, B.C.A. Silo subterrâneo ITAL/CATI para armazenamento de grãos. Campinas - SP, 1987. (Bol. Téc. CATI, N^o 195).