

4 – MONTAGENS

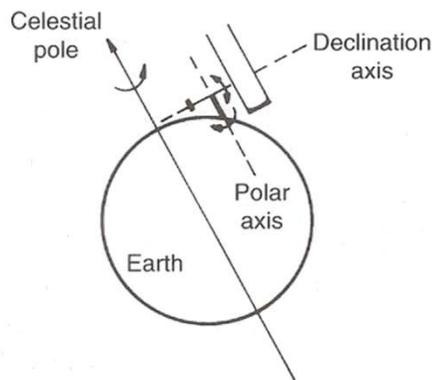
Não há observação séria (profissional) feita sem uma montagem **rígida** para o telescópio (e instrumentação). Aliás, mesmo que o telescópio não seja da melhor qualidade, é possível obter imagens de alta qualidade com uma CCD logo que a montagem seja excelente.

O contrário já não é verdade: sem uma boa montagem, de pouco adianta a excelência da CCD e/ou telescópio. Daí que é de esperar que uma montagem seja tão (ou mais) cara que o próprio telescópio.

4.1 Equatorial

4.1.1 Geral

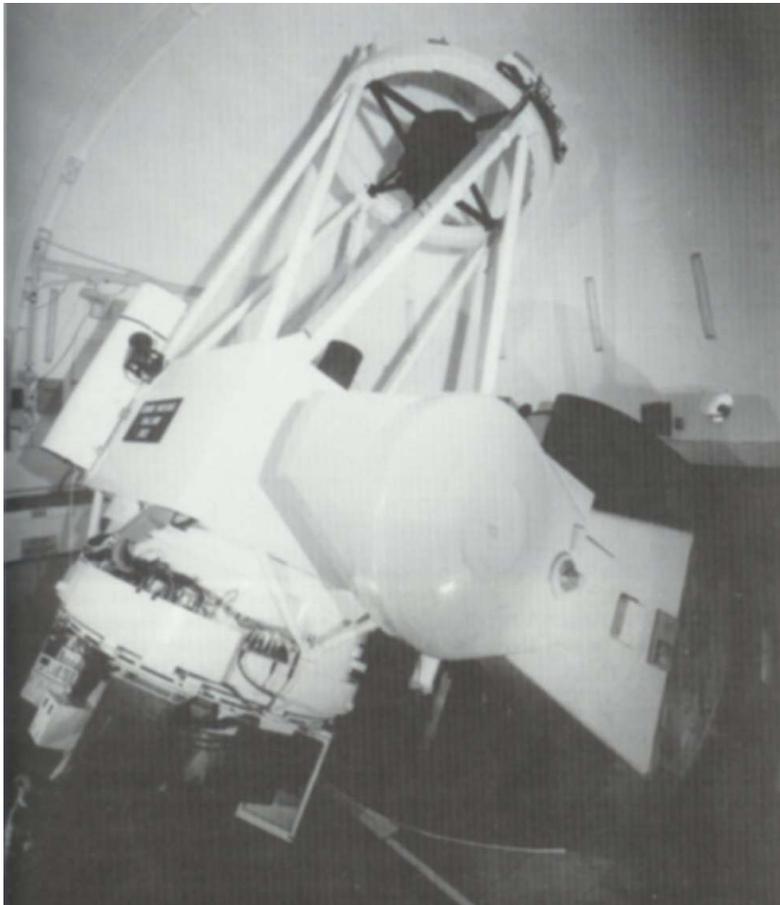
A **montagem equatorial** evita o problema da rotação de campo. É a preferida para telescópios não muito grandes, eventualmente recorrendo a um “wedge” para a transferir de uma montagem altazimutal.



*A montagem equatorial tem eixos paralelos ao sistema equatorial celeste: o **eixo polar** aponta para um dos pólos celestes (perto da estrela polar, no caso do Hemisfério Norte) e coincide com o eixo óptico do telescópio. O **eixo de declinação**, ortogonal ao polar, é de declinação constante, permitindo o acompanhamento de objectos astronómicos com facilidade.*

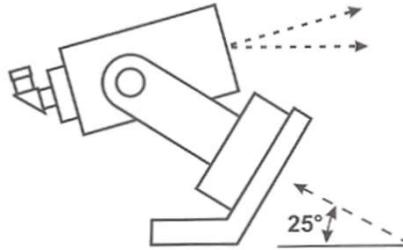
Permite seguir objectos de uma forma simples, já que só um dos eixos precisa de rodar (o da declinação). Basta um motor neste eixo, para Astronomia Amadora. A nível profissional, serão sempre necessárias pequenas correcções a ambos os eixos ([autoguiding](#)) pelo que dois motores são indispensáveis.

O problema principal desta montagem é a instabilidade gravítica (momentos elevados, etc.) devido ao enorme peso dos telescópios profissionais.



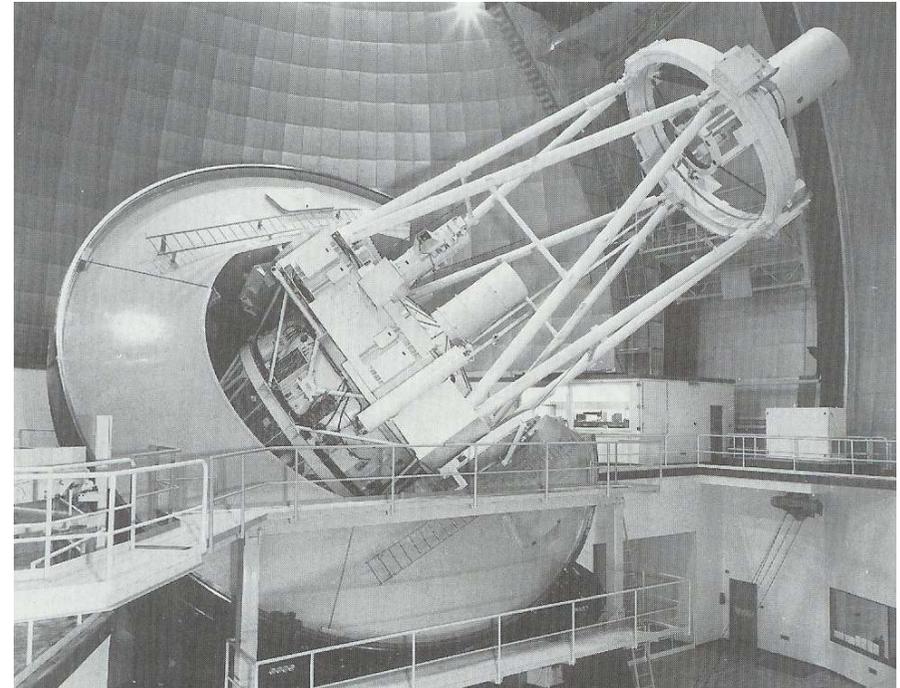
A montagem equatorial pode ser implementada de diversas formas. Na Astronomia Profissional, a [montagem em garfo](#) é a preferida. O problema desta, bem como de outras equatoriais, é que quando utilizada com uma “wedge”, limita a declinação mais a sul que é possível visualizar (devido à obstrução física ao movimento do telescópio pela própria estrutura). Este problema é especialmente notado nas zonas tropicais da Terra (devido às baixas latitudes)

O INT 2.5m (La Palma) tem uma montagem em garfo que recorre a um [disco polar](#) (o garfo está montado neste), cuja rotação dá um dos movimentos. O eixo polar é ortogonal a este disco (faz 29° com a horizontal). O eixo de declinação está entre os dois apoios do telescópio: a sua rotação faz o outro movimento.



A dificuldade em observar o céu abaixo de uma dada declinação para os objectos astronómicos mais baixos (também em altura).

*Uma alternativa popular ao disco polar é a montagem em **ferradura** (que faz a função do disco). Ilustra-se o caso do AAT 3.9m. A vantagem da ferradura é o “dois em um”, uma vez que o eixo de declinação a atravessa.*

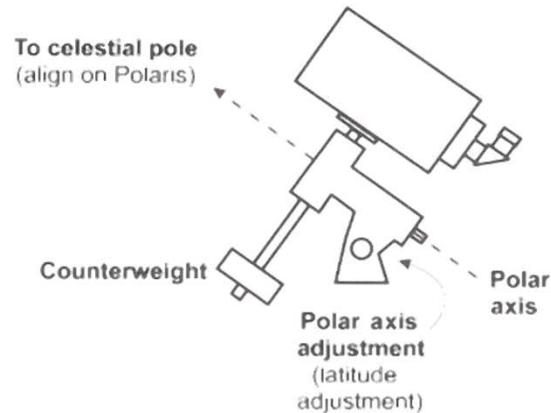


Uma ferradura também é utilizada pelo rádio telescópio de Green Bank (25m – VLBA).

Uma montagem equatorial **alemã**, por exemplo, já não tem qualquer tipo de limitação física e é uma boa alternativa para tais locais. Estudamo-la no que segue.

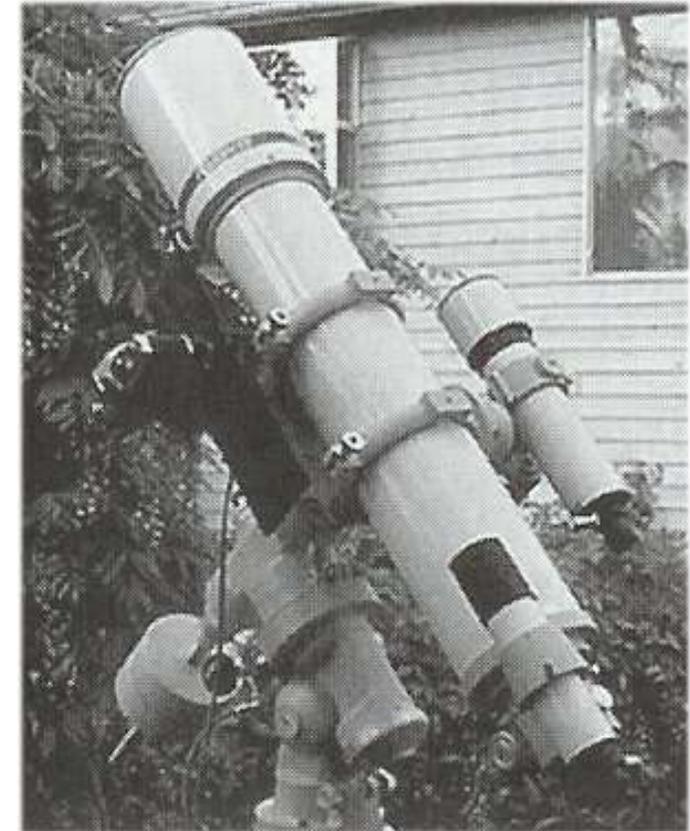
4.1.2 A montagem alemã

A mais sólida, mais procurada (e mais cara...) montagem equatorial é a chamada **alemã**. Esta coloca o tubo do telescópio descentrado da coluna do tripé, usando um contrapeso do outro lado, para compensar. O acesso à ocular passa a ser fácil para qualquer posição do telescópio. Não há qualquer restrição a pontos do céu para onde se pretenda apontar o telescópio.



O nome de “alemã” para a montagem talvez seja algo injusto. De facto, foi usada pela primeira vez em 1826 num refractor de 24 cm em Tartu, Estónia. O seu inventor era um famoso alemão, nada mais nada menos que Joseph Fraunhofer.

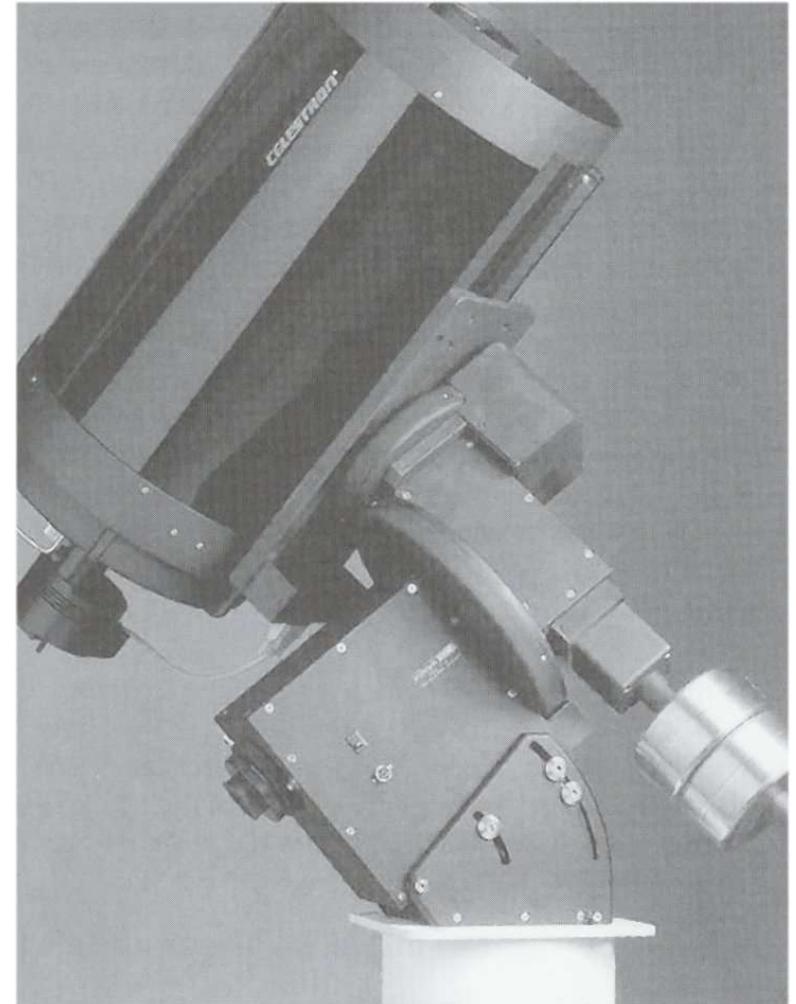
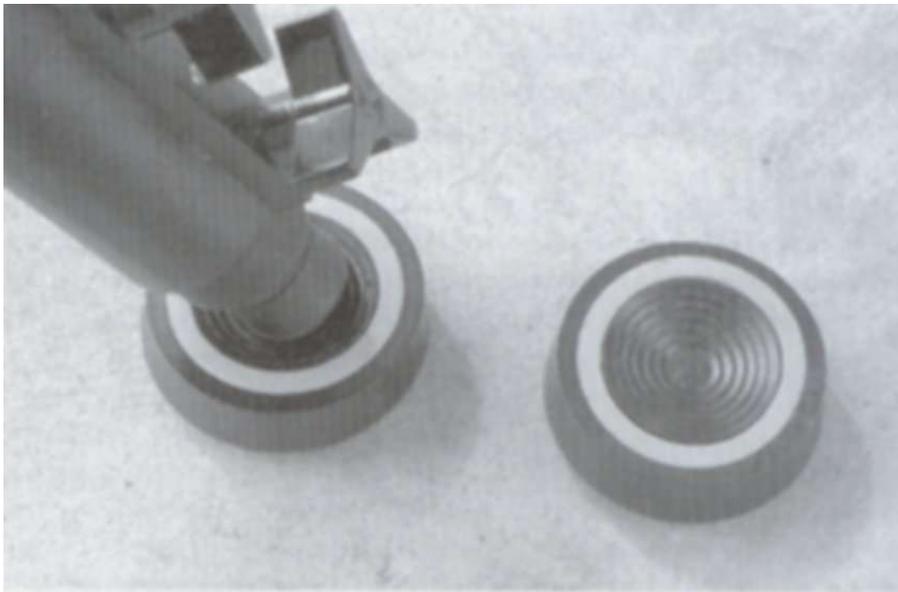
Devido ao tipo de montagem, a “alemã” pode ser vendida separadamente e adaptar-se a uma variedade imensa de telescópios.



4.1.3 Paramount (rígida)

Num observatório (mesmo de nível amador) pretende-se uma montagem que seja o mais estável possível. Usualmente, isto implica perda de portabilidade, o que não é um problema relevante. Um bom exemplo de uma montagem rígida é a [Paramount](#).

Montagens que não são tão rígidas usam truques para que as vibrações não sejam um problema (e.g. borrachas nas três extremidades do tripé). Há, ainda, discos absorvedores de vibração que se podem colocar em qualquer tripé.



A montagem Paramount 1100.

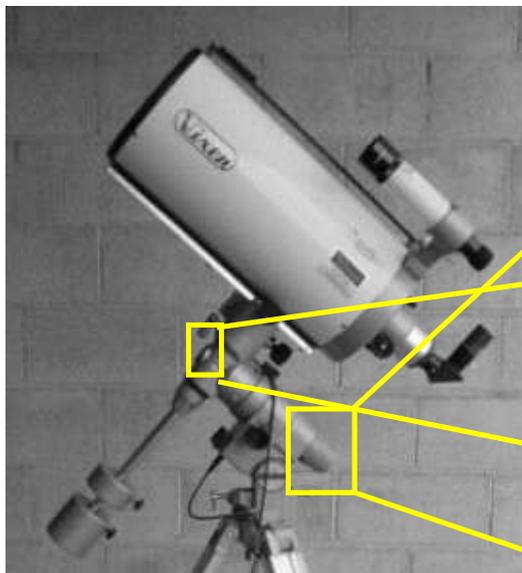
4.1.4 O alinhamento polar

Para se usufruir das vantagens da montagem equatorial é crucial que o eixo polar esteja bem alinhado com o PNC ($< 1'$). Para tal, não basta alinhá-lo pela estrela polar, pois esta está a quase 1° daquele. Há muitas técnicas para fazer o **alinhamento polar**. Falaremos só de algumas.

Antes de se proceder ao alinhamento polar é, obviamente, necessário ter a certeza que tudo o resto está bem colocado: **i)** o “finder” em relação ao telescópio e este em relação à montagem (o erro deste último alinhamento deve ser $< 15'$); **ii)** o telescópio colimado e a óptica a funcionar como deve ser.

Muitas montagens equatoriais permitem ajustar a sua inclinação à da latitude do lugar. Esta é uma preciosa ajuda para encontrar mais facilmente a estrela polar (deslocando apenas o telescópio em ascensão recta). É o primeiro ajuste a fazer.

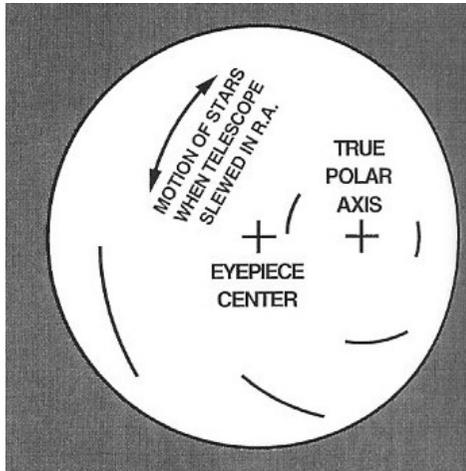
A) Telescópio de alinhamento polar



Muitas montagens equatoriais trazem **embutido** no seu eixo polar um telescópio (poucos cm de abertura) com retículo para o alinhamento polar.



A técnica consiste em colocar a estrela polar do lado “correcto” do PNC (dependendo da hora, da data e do local da observação), à distância angular tabelada (que no equinócio J2000.0 é de $\sim 44'$). Assumindo tudo o resto bem alinhado, o **alinhamento polar** fica, assim, concluído.



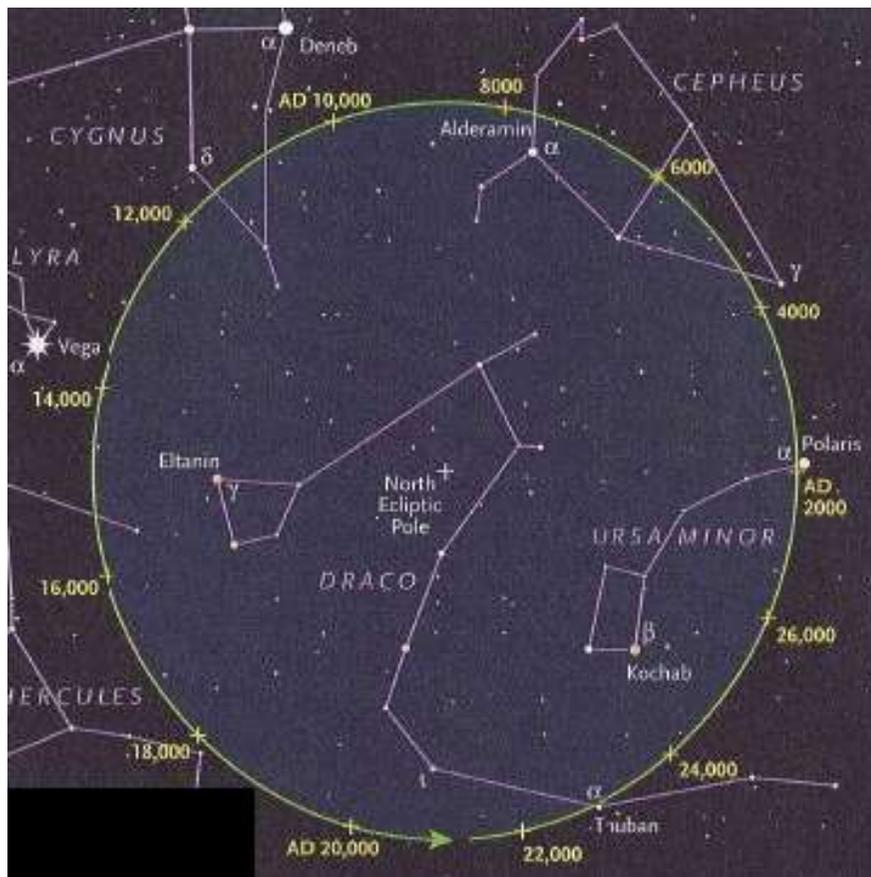
Na falta de toda a informação descrita no texto, pode-se usar uma técnica alternativa para efectuar o alinhamento polar: centrando na estrela polar, fixa-se a declinação do telescópio em 90° e desloca-se o mesmo rapidamente (fisicamente, se tiver de ser) em ascensão recta – as estrelas marcam arcos centrados no PNC.

Caso não exista telescópio de alinhamento polar, o telescópio principal terá de ser usado para tal (o tubo tem de estar **exactamente** paralelo ao eixo polar). Usa-se, então, a sequência:

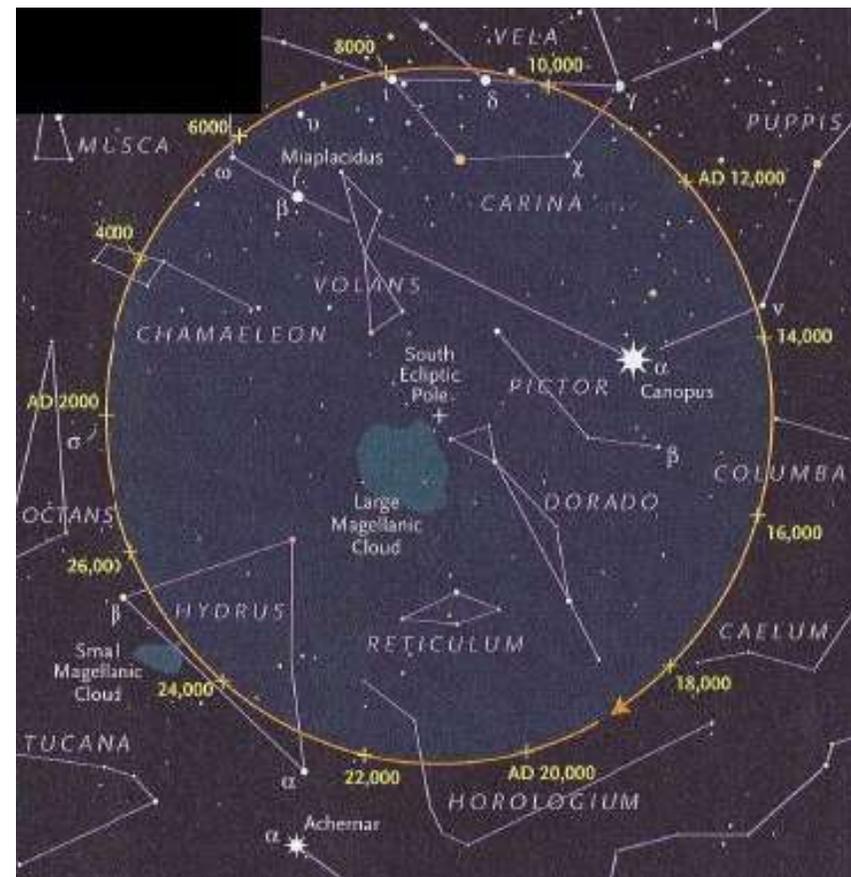
- i) centra-se a polar com baixa ampliação e prende-se o eixo de declinação;
- ii) roda-se o telescópio em torno do eixo polar: enquanto a estrela polar se deslocar, o eixo não está bem alinhado;
- iii) neste último caso ajusta-se (manualmente) a orientação da montagem e roda-se o eixo de declinação;
- iv) volta-se a i)-ii) até à estrela Polar não se deslocar;
- v) usar uma carta estelar para centrar a montagem no PNC movendo-a fisicamente.

B) Coordenadas da estrela polar

Devido ao movimento de “precessão dos equinócios” (com cerca de 25800 anos de período) a Terra oscila como um pião em rotação, devido às influencias combinadas do Sol e da Lua. Assim, as estrelas mais próximas do PNC e do PSC variam ao longo do tempo.



Precessão do pólo norte celeste.



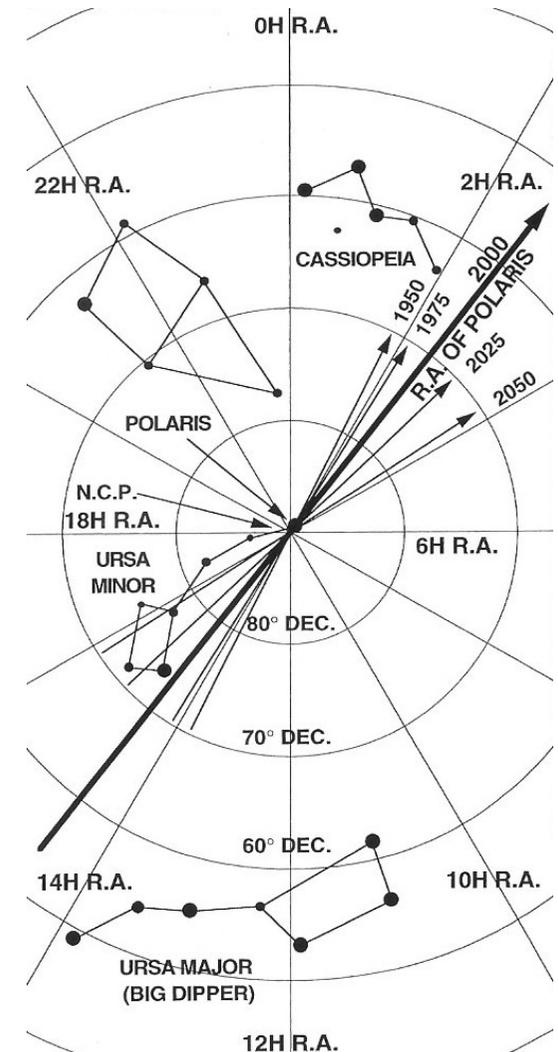
Precessão do pólo sul celeste.

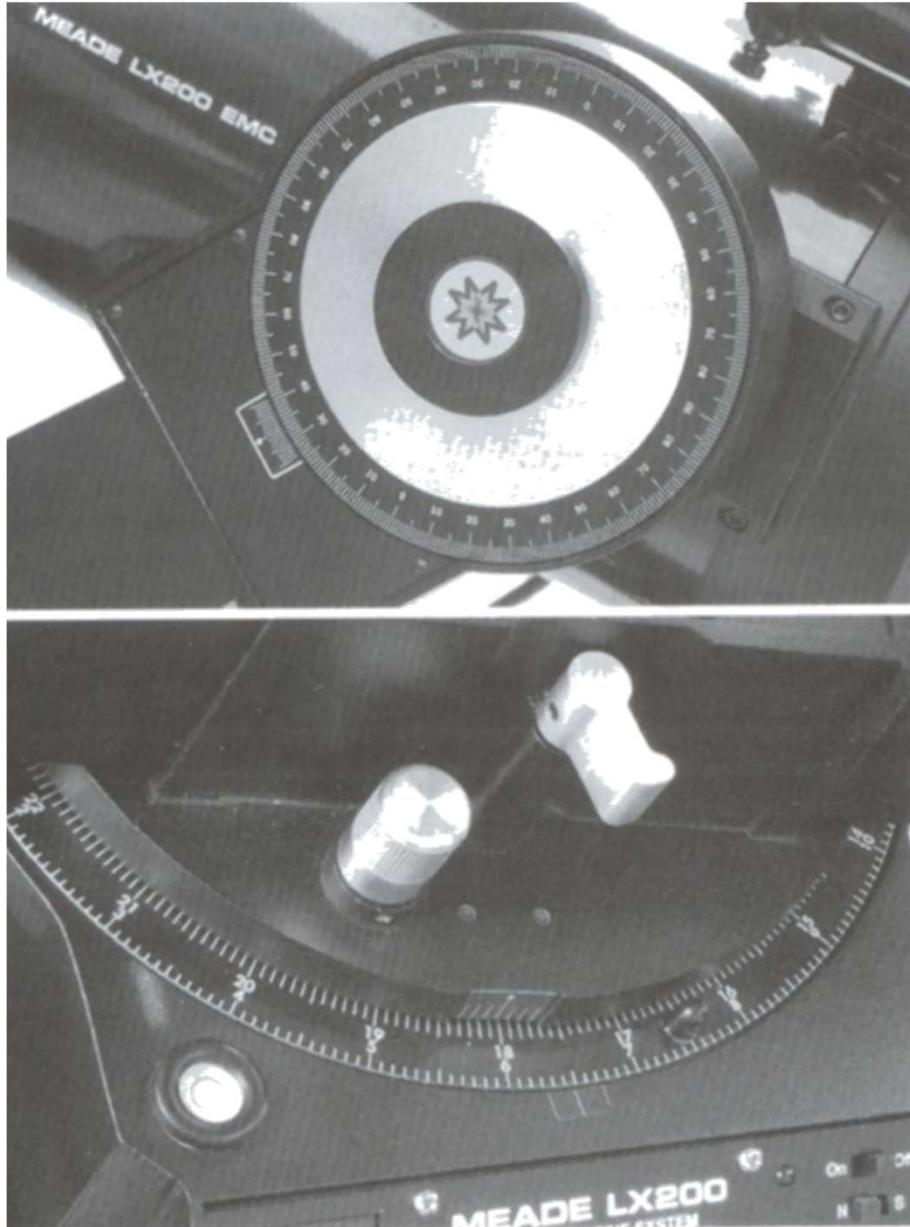
O recurso às coordenadas da estrela polar deve ser feito com **muito cuidado**, pois a sua grande proximidade ao PNC faz com que, na prática, a sua ascensão recta varie de uma forma bem mensurável, de ano para ano: ~1.6min/ano. Temos:

$$\alpha_{2000} = 2^h 31.5^m \quad \delta_{2000} = 89^\circ 16'$$

que se usam como referência (todos os objectos a considerar devem ter coordenadas no equinócio J2000.0). Então:

- i) determinam-se as **exactas coordenadas** (α, δ) da estrela polar para a data (época) da observação: e.g 2007.3;
- ii) dado o tempo sideral local, conhece-se o ângulo horário da estrela polar (a partir de α); sabe-se onde apontar o telescópio para a encontrar, assim que a altura do mesmo se coloca idêntica à latitude do lugar;
- iii) centra-se na estrela polar e ajustam-se os círculos graduados de ascensão recta e declinação para as coordenadas desta; liga(m)-se o(s) motor(es);
- iv) desloca-se o eixo de declinação até ao respectivo círculo marcar 90° ;
- v) localiza-se, com o máximo de precisão, o PNC com a técnica da figura anterior.

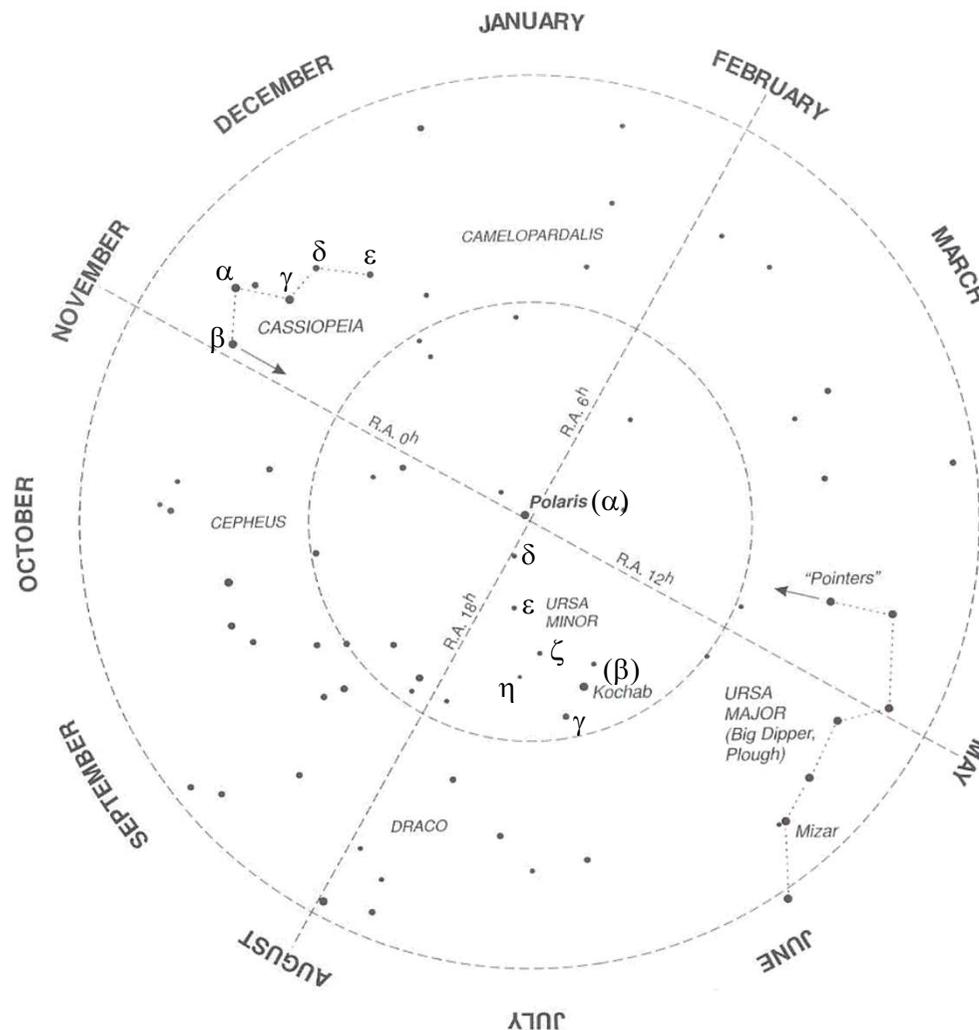




Os círculos graduados de ascensão recta (em baixo) e declinação (topo) só têm utilidade numa montagem equatorial. O de ascensão recta tem duas escalas, conforme o observador se encontra no hemisfério norte ou no sul. O de declinação também serve para dar a altura numa montagem altazimutal.

C) Estrelas auxiliares

Uma forma de mais rapidamente encontrar o PNC/Estrela Polar é apostando na geometria de ambos no céu nocturno: esta está do lado de Cassiopeia em relação àquele – a Ursa Menor já fica “do lado de lá” do PNC da perspectiva da Estrela Polar.



O objectivo é usar a estrela β da Ursa Menor (Kochab) para construir uma “linha” de referência para fixar a ascensão recta (ideal em 2007-8; há 30 anos era a ϵ Cas): deslocando o telescópio em declinação deve-se ver esta e a Estrela Polar. Quase exactamente pelo caminho, junto à Estrela Polar, fica o PNC. Assim, é fácil e preciso concluir o alinhamento (também feito por movimento físico do telescópio). Depois de um ajuste inicial, se se iterar o método uma ou duas vezes obtém-se super-precisão.

D) Vaguear da estrela

Este método deixa uma estrela “passear” pelo campo e mede alguns parâmetros. Os passos são os seguintes:

- i) nivelar a base;
- ii) escolher uma estrela brilhante perto do equador celeste e do meridiano do lugar ($H \sim 0^h$; $\delta \sim 0^\circ$) e centrá-la na ocular;
- iii) observar a estrela até que se desloque para norte (ou sul); rodar o eixo polar (manualmente) de forma a que o mesmo se aproxime mais do este (ou oeste);
- iv) repetir iii) até ao movimento para norte ou para sul não ser visível durante 5 min;
- v) escolher uma estrela brilhante perto do equador celeste e no vertical (este ou oeste):
 $\delta \sim 0^\circ$, $AZ \sim 90^\circ \vee AZ \sim 270^\circ$;
- vi) olhando para **leste**: estrela desloca-se para norte (sul) \rightarrow deslocar para baixo (cima) o eixo polar;
[olhando para **oeste**: estrela desloca-se para norte (sul) \rightarrow deslocar para cima (baixo) o eixo polar]
- vii) Repetir vi) até não ser visível qualquer movimento (norte ou sul) durante 5 min.

4.2 Altazimutal

4.2.1 Geral

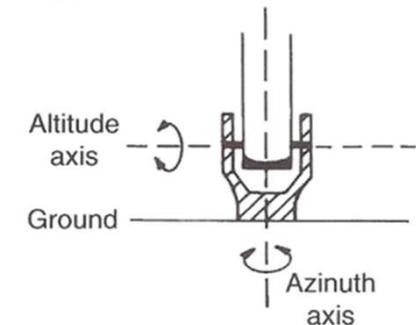
Por muitos truques que se usem, a montagem equatorial está sempre sujeita à nefasta influência da gravidade. A partir do momento em que os avanços computacionais o permitiram (anos 80-90), a **montagem altazimutal** tornou-se o padrão, não só na Astronomia profissional, mas também na amadora.

A montagem altazimutal tem por base o sistema de coordenadas horizontal local. A sua grande vantagem é a enorme **estabilidade gravítica**, já que um dos eixos (o de azimute) é ortogonal à superfície da Terra, enquanto o outro (o de altura) é paralelo à mesma.



*A montagem altazimutal de rádio telescópios consiste nuns **carris circulares** para o movimento em azimute e num **eixo de altura** para o movimento elevatório.*

É claro que, agora, é necessário que **dois** motores estejam constantemente em funcionamento, um para cada eixo, a velocidades diferentes. Ainda, é necessário compensar a rotação de campo (e.g. com um “derotator”). A maior desvantagem é o zénite e arredores (~graus) estarem, agora, inacessíveis.



Note-se que o “garfo” também é utilizado, mas agora é como se o disco polar estivesse no chão.

4.2.2 O Garfo

Uma das formas de montar um telescópio altazimutalmente é com recurso a um **garfo** (também usado nas montagens equatoriais) que segura o tubo em cada lado, suspenso no ar. É especialmente adequada para garantir um bom acesso à ocular em telescópios Cassegrain. Evita a necessidade de contrapesos.

4.2.3 Dobsoniana

Popularizada por John Dobson (um famoso astrónomo amador americano), esta é uma montagem altazimutal especialmente adequada a tubos muito grandes e pesados (grandes aberturas) de foco Newtoniano. É muito simples e não pressupõe a utilização de motores.



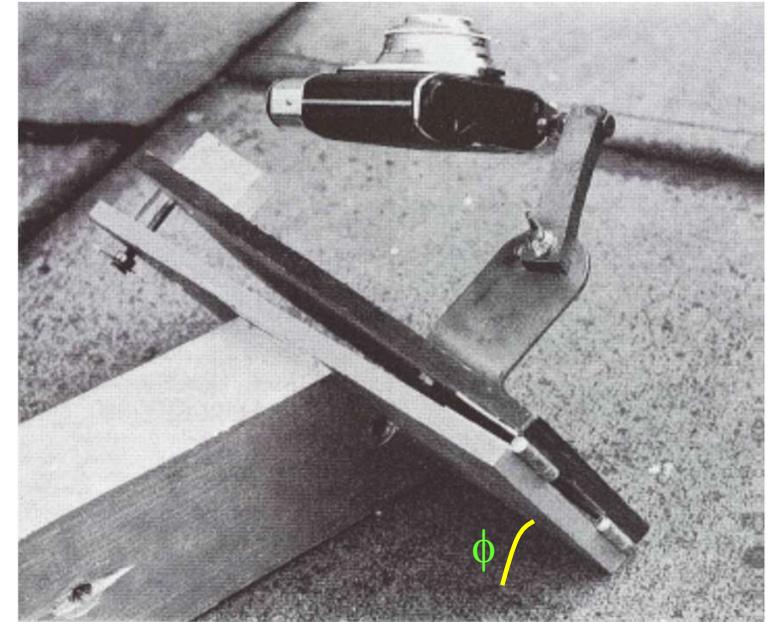
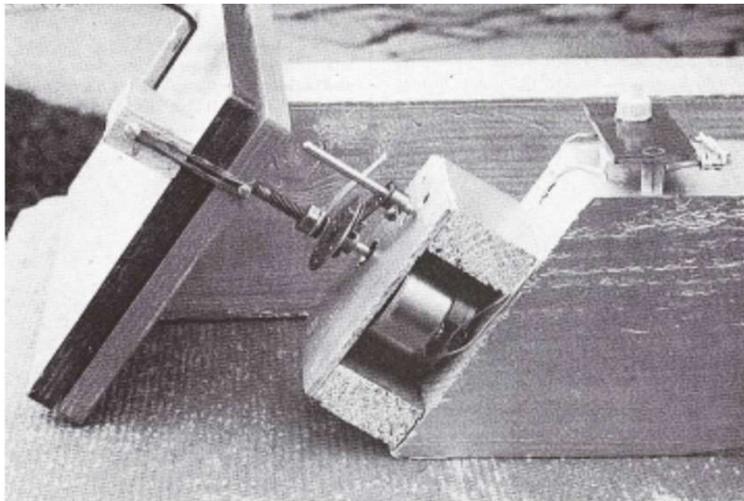
O Dobsoniano clássico. O **disco azimutal** permite rodar o telescópio em azimute enquanto o **eixo de altura** o permite fazer em elevação.

4.3 Outras

4.3.1 “Porta de celeiro”

Um tipo de montagem que começou por ser utilizada em fotografia mas que já encontrou muitos adeptos na aplicação telescópica é a “**Barn-door mount**” (“porta de celeiro”).

Na essência, a “barn-door” é uma montagem equatorial adaptada: com apenas um pequeno motor ou controlo manual, é possível fazer exposições “guiadas”.



Uma trave colocada numa superfície horizontal (ou aproveitada num celeiro!) é serrada com a inclinação da latitude ϕ do lugar: as dobradiças são paralelas ao “eixo polar” da montagem. A “porta” abre até 5° , permitindo “guiar” a exposição durante 20 minutos.

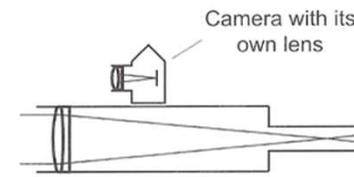
Numa trave ao lado, serrada exactamente com a mesma inclinação, pode-se colocar um pequeno motor, para substituir o “guiding” manual.

4.3.2 “Piggy back”

A “**piggy back**” não é bem uma montagem mas mais uma técnica. Está a cair em desuso, em conjunto com a fotografia.

A “**piggy back**” aproveita a montagem motorizada de um telescópio (equatorial – sem rotação de campo) para fazer longas exposições de objectos astronómicos: a máquina fotográfica é “encavalitada” (piggy back) no telescópio.

É claro que o telescópio deve ter um bom alinhamento com o resto da sua montagem e estar bem alinhado pelo PNC.



Uma montagem “piggy back” comercial.

A colocação da máquina “às cavalitas” do telescópio deve ter em conta a lente a usar com a mesma, de forma a que o próprio telescópio não seja fotografado: usando lentes de grande campo, a máquina deve estar mais na ponta do tubo, o que pode exigir a utilização de contrapesos extra na montagem.

4.3.3 Colunas (“pier”)

Um tipo de montagem altazimutal rígida é uma **coluna** (“pier”) de aço (ou cimento – ideal) em cima da qual se coloca o telescópio (e.g. o “garfo” da montagem altazimutal). A coluna prende-se a um chão de cimento, sendo o conjunto imune a vibrações (embora o aço seja propenso a estas, o cimento absorve-as).



Uma coluna de aço.



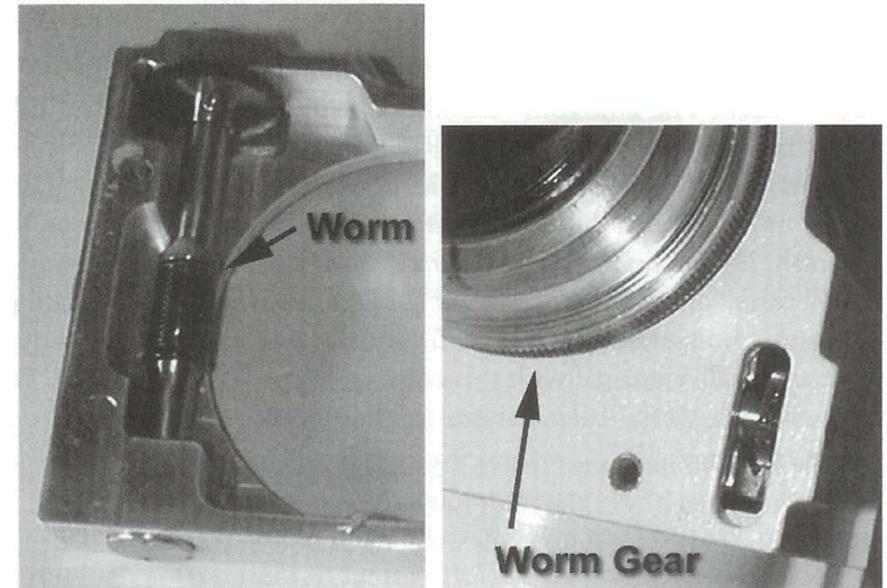
Coluna de cimento com montagem equatorial Paramount em cima.

4.4 Erros

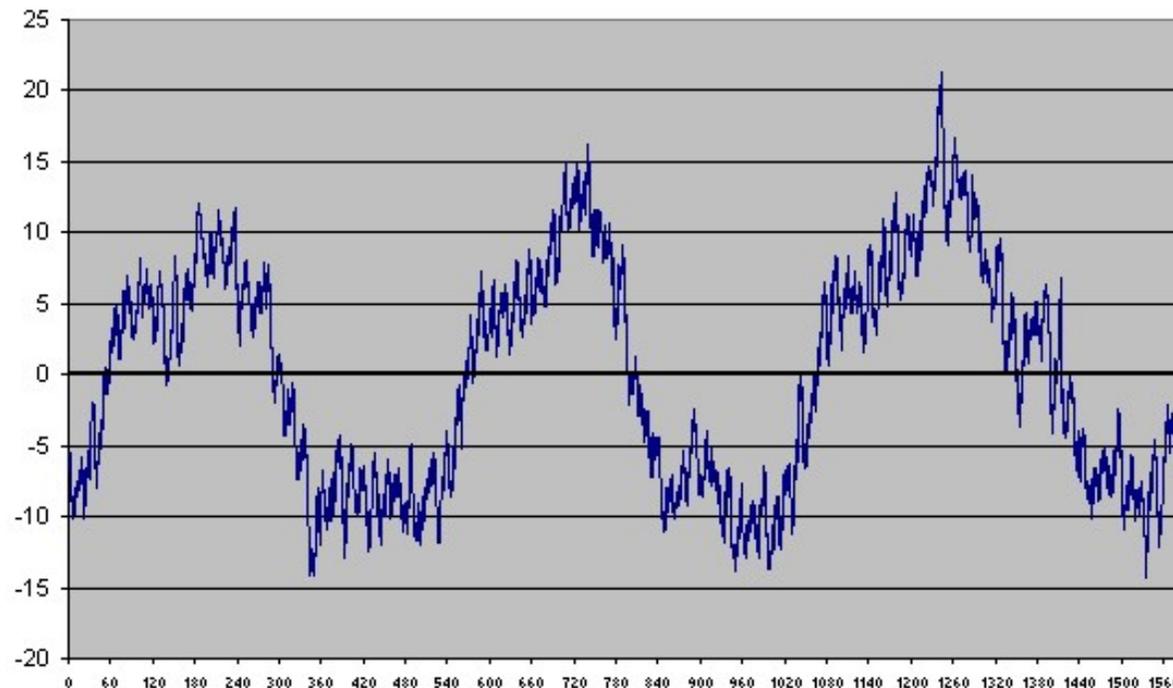
Qualquer montagem tem erros que surgem de **imperfeições** dos motores e/ou da estrutura da montagem.

4.4.1 Motores

O maior erro dos motores costuma estar associado ao movimento em **ascensão recta** numa montagem equatorial. O motor em declinação é muito mais preciso, especialmente se se fez um bom alinhamento polar.



As engrenagens de um motor de ascensão recta.



Os erros nos motores são **periódicos** ($P \sim 8 \text{ min}$ em montagens equatoriais), já que se relacionam com erros de elementos circulares em movimento (pequenas irregularidades nas engrenagens): apresentam-se na forma de “saltos”.

Exemplo: 26 minutos de medição. Erro de $\sim 15''$.

As melhores montagens têm erros $\sim 2 - 5''$. Exemplos:
Astro-Physics 1200, Paramount 1100.

A forma de corrigir os erros periódicos é, muitas vezes, implementada computacionalmente. Ou funciona logo no hardware (corrige-se no controlo computadorizado do telescópio) ou então é subtraído no software (muito mais complexo e, logo, não preferida).

À técnica de correcção dos erros periódicos chama-se **PEC** (“periodic error correction”). Um bom “guiding” corrige boa parte do problema.

4.4.2 Montagem

Os erros da montagem normalmente têm a ver com **vibrações e flexões** que ocorrem por influência externa (vento, toques, veículos a passar, etc.) ou interna – imperfeições na própria montagem.

Os erros da montagem, sim, são preocupantes devido à sua **imprevisibilidade** e à dificuldade (ou **impossibilidade**) da sua correcção.

Há regras práticas a cumprir que podem diminuir estes erros significativamente. Uma delas é a de nunca fazer exposições logo a seguir ao telescópio ter iniciado o seguimento do objecto de interesse: deve-se dar sempre uns minutos para a montagem **estabilizar**.



A montagem Astro-Physics 1200.