

Exploring the reason for the T-tail design

Tom Clements - 04/11/2024

Explorando o motivo do *design* de cauda em “T”

Tom Clements - King Air Magazine - 04/11/2024

I received the following question and thought the answer would be of interest to King Air magazine readers.

I was wondering if you could elucidate a bit upon the thinking behind Beech going to a T-tail on the King Air 200. If I remember correctly, the 100 series had a conventional tail. So what were Beech's reasons for going to the T-tail on the BE200? What are the advantages and disadvantages of the T-tail?

I am glad this question was asked because not many pilots know the reason for the T-tail design.

Recebi a seguinte pergunta e pensei que a resposta seria do interesse dos leitores da revista *King Air*:

“Eu queria saber se você poderia elucidar um pouco sobre o pensamento por trás da Beech indo para uma cauda em “T” no King Air 200. Se bem me lembro, a série 100 tinha uma cauda convencional. Então, quais foram as razões da Beech para ir para a cauda em “T” no BE200? Quais são as vantagens e desvantagens da cauda em “T”?”.

Estou feliz que esta pergunta tenha sido feita porque poucos pilotos sabem o motivo do *design* da cauda em “T”.

The 100-series tail was the same tail first used on the Beech 99, the 15-seat, unpressurized, commuter airliner. When the cabin was stretched as much as it was—making a turbine-powered Queen Air into a 99—the prototype flew with much the same tail as on the 90 series, using fixed horizontal stabilizers and elevators with trim tabs. Alas, they could not achieve a long enough center of gravity (CG) range to suit the longer airplane with that system. So, the Beech engineers went back to the drawing boards to come up with a solution.

In the resulting design, the elevators have no trim tabs and, instead, the whole horizontal stabilizer pivots near the rear and an electrically-driven jackscrew moves the leading edge up and down. It is like a Piper Cub or Cessna 180, but without any manual system, only an electric Main and Standby system, with a clutch arrangement to allow either to work should the other jam.

When you next see a 100, A100 or B100 on a ramp, notice the huge span of the stabilizer—it is one massive tail! In fact, do you realize that the top of the 100's vertical stabilizer is a few inches higher than the top of a 200-, 300- or F90-series T-tail? Surprising but true.

A cauda da série 100 foi a mesma cauda usada pela primeira vez no Beech 99, o avião de passageiros despressurizado de 15 assentos. Quando a cabine foi esticada o máximo que foi — transformando um *Queen Air* motorizado à turbina em um “99” —, o protótipo [da série 100] voou com a mesma cauda da série 90, usando estabilizadores horizontais fixos e profundos com aletas de compensação (*trim tabs*). Infelizmente, não conseguiram atingir um passeio de centro de gravidade (CG) longo o suficiente para adequação ao avião mais longo [série 100 x *Queen Air*] com esse sistema. Então, os engenheiros da Beech voltaram às mesas de projeto (pranchetas) para encontrar uma solução.

Obs.: o modelo *King Air* série 100 é um derivado com fuselagem/cabine alongada do modelo (um modelo derivado do *Queen Air* - de comprimento de 10,82 m. e MTOW de 8.800 lb.), com cinco janelas de cabine em vez de três; com comprimento de 12,17 m. e MTOW de 11.800 lb., o modelo 100 usou as asas e cauda, além de motores PT6A-28, da variante transportadora modelo 99 (com comprimento de 13,60 m. e MTOW de 10.400 lb.), que foi derivado do *Queen Air* (asas) e da linha inicial *King Air* série 90 (naceles e motor), subsistemas destes dois modelos e um ‘nariz’ de projeto próprio.

No *design* resultante [da série 100], os profundos não têm aletas de compensação (*trim tabs*).e, em vez disso, todo o estabilizador horizontal gira na traseira e um parafuso tipo “macaco-rosca” (*jackscrew*) acionado eletricamente o estabilizador levantando ou abaixando o bordo de ataque. É

como um Piper *Cub* ou Cessna 180, mas sem nenhum sistema manual, apenas um sistema elétrico principal e de reserva (*standby*), com um arranjo de engate para permitir que um [sistema] funcione caso o outro trave.

Da próxima vez que você ver um “100” - A100 ou B100 - em um pátio, observe a enorme extensão do estabilizador — é uma cauda massiva (enorme)! Na verdade, você percebeu que o topo do estabilizador vertical do “100” [cerca de 4,7 m.] é alguns centímetros mais alto do que o topo de uma deriva em “T” das séries 200, 300 ou do F90 [cerca de 4,5 m.] ? Surpreendente, mas verdade.

Next came the 200, which had the same fuselage/cabin as the 100 but with 850 shp per side (versus 680 shp for the 100/A100) and the centerline of the engine moved 25 inches outboard. The appropriate propeller to handle the higher horsepower had enough additional diameter to hit the fuselage if the existing 90/100 center section was used and the tip clearance with the ground was too small. So, if Beech had to move the engine both outward and upward, the decision was made to really move it out—much more than the minimum requirement—to give extra clearance between the prop arc and the fuselage, making the cabin quieter.

They designed a new engine mount that holds the engine at four instead of three locations, lifts it 4 inches higher and has a new, more efficient ram air recovery design. The larger center section would provide more fuel capacity there to satisfy the bigger, thirstier PT6s used on the 200. Hmm, 170 more shp sitting 25 inches further outboard. Keeping V_{MCA} down was going to be a challenge!

Em seguida veio o “200”, que tinha a mesma fuselagem/cabine do “100”, mas com 850 SHP por lado (contra 680 SHP do 100/A100) e a linha central do motor deslocada 25 polegadas (63,5 cm) para extremidade da asa. A hélice apropriada para lidar com a maior potência tinha diâmetro adicional suficiente para atingir a fuselagem se a mesma linha central de motor do “90”/“100” fosse usada e a folga da ponta da pá da hélice com o solo restava muito pequena. Então, se a Beech tivesse que deslocar a posição do motor para fora e para cima, a decisão foi realmente desloca-la para fora (para extremidade da asa - muito mais do que o requisito mínimo - para dar folga extra entre o arco da hélice e a fuselagem, e tornando a cabine mais silenciosa.

A Beech projetou um novo suporte que segura o motor em quatro em vez de três pontos, levantando o motor 4 polegadas (10,16 cm) e com um novo *design* de recuperação de ar de impacto (*ram air recovery*) mais eficiente. A maior seção central forneceria mais capacidade de combustível [de tanques] ali para satisfazer os motores PT6 maiores e mais “sedentos” usados no “200”. *Hmm, 170 SHP a mais assentados 25 polegadas (63,5 cm) mais para fora. Manter a V_{MCA} baixa seria um desafio!*

So off to the drawing boards and wind tunnel they go, experimenting with different tail configurations to find the one that would keep V_{MCA} down where they wanted it. The conventional 100 tail wouldn't hack it, and it was found that at the high angles-of-attack (AOA) associated with V_{MCA} , the position of the horizontal tail was blocking much of the airflow up to the bottom portion of the rudder.

At that time, Beech had an agreement with Hawker that involved flying “green” airplanes from England to Wichita (with a portable avionics package, but no paint, options or interior) and Beech had the exclusive rights to finish them and handle all sales and marketing in North America. Based on their Hawker familiarity, they considered a cruciform tail, in which the horizontal stabilizer is about halfway up the vertical stabilizer. The only T-tailed civilian airplanes at that time were the Boeing 727 and the Learjet (long before the Learjet was “tamed” with Delta Fins and wing improvements), and both had horrible stall characteristics. It was with reluctance that Beech considered the T-tail, fearing that the dreaded deep stall would follow.

Nevertheless, the computer/slide rule studies, as well as the wind tunnel tests, showed that the T-tail was best in maximizing rudder force. Not only did the new position of the horizontal surface not block the airflow to the rudder at high AOAs, but it also provided an endplate effect that captured the air and prevented it from spilling off the top of the rudder, thereby making the rudder even more effective. In one sentence, the T-tail design was chosen because it maximized rudder effectiveness and kept V_{MCA} at a reasonable value.

Então, os engenheiros da Beech foram para as pranchetas e o túnel de vento, experimentando diferentes configurações de cauda para encontrar aquela que manteria a V_{MCA} onde queriam. A cauda convencional do “100” não deu certo, e foi descoberto que em elevados ângulos de ataque (AoA - *angles-of-attack*) associados à V_{MCA} , a posição da “cauda” (estabilizador) horizontal estava bloqueando grande parte do fluxo de ar até a parte inferior do leme.

Naquela época, a Beech tinha um acordo com a *Hawker* que envolvia voar aviões “verdes” (com um pacote de aviônicos portáteis, mas sem pintura, opções ou interior) da Inglaterra para Wichita e a Beech tinha os direitos exclusivos para finalizá-los e lidar com todas as vendas e marketing na América do Norte. Com base em sua familiaridade com a *Hawker*, eles consideraram uma cauda cruciforme (em cruz), na qual o estabilizador horizontal fica à metade da altura do estabilizador vertical. Os únicos aviões civis com cauda em “T” naquela época eram o Boeing 727 e o *Learjet* (muito antes do *Learjet* ser ‘domado’ com a ventrais inclinadas dupla - as *Delta Fins* - na cauda e melhorias nas asas), e ambos tinham características de estol horríveis. Foi com relutância que Beech considerou a cauda em “T”, temendo que o temido estol profundo (*deep estol*) viesse a seguir.

No entanto, os estudos de computador/régua de cálculo, bem como os testes de túnel de vento, mostraram que a cauda em “T” era melhor em maximizar a força do leme. Não só a nova posição da superfície horizontal não bloqueou o fluxo de ar para o leme em ângulos de ataque (AoA) elevados, mas também forneceu um efeito de chapa final (de extremidade) longitudinal que capturou o fluxo de ar e impediu fluir do topo do leme, tornando-o ainda mais eficaz. Em uma frase, o *design* da cauda em “T” foi escolhido porque maximizou a eficácia do leme e manteve a V_{MCA} em um valor razoável.



Inserção no texto original

Foto extraída do artigo “*T-Tail King Airs and secondary stalls*” (*King Air* cauda “T” e estóis secundários), escrito por *Tom Clements*, publicado no blog *King Air Nation*

The prototype 200, BB-1, first flew in October 1972 and onboard were a stick shaker/pusher and a rudder boost system. It also had no “bullet” on the T-tail and the ailerons and wing tips were identical to the B90/C90/E90.

O protótipo do “200”, BB-1, voou pela primeira vez em outubro de 1972 e a bordo havia dispositivo de advertência e prevenção contra estol *stick shaker/stick pusher* e um sistema de incremento do leme (*rudder boost*). O protótipo também não tinha “bala” (*bullet*) na cauda em “T” (cone frontal no topo da empenagem/deriva de superfície encurvada, avançado ao bordo de ataque dos estabilizadores vertical e horizontal) e os ailerons e pontas das asas eram idênticos aos do B90/C90/E90.

An airflow interference problem showed up at the vertical/horizontal tail junction and was solved with the bullet. Aileron effectiveness at slow speeds was found to be waning, and hence the wing tip was cut so that the aileron could extend to the very end of the wing. This involved a third hinge point as well

as the infamous trailing edge lump. Why the lump? To provide more self-centering tendency when this bigger, balanced aileron was fully deflected.

Um problema de interferência no fluxo de ar apareceu na junção vertical/horizontal da cauda e foi resolvido com a cauda em *bullet bullet* (cone frontal no topo da empenagem/deriva de superfície encurvada, avançado ao bordo de ataque dos estabilizadores vertical e horizontal). A eficácia do aileron em baixas velocidades estava diminuindo e, portanto, a ponta da asa foi “recortada” para que o aileron pudesse se estender até o final da asa. Isso envolveu um terceiro ponto de articulação, bem como o infame “caroço” na borda de fuga (*trailing edge lump*). Por que o “caroço”? Para fornecer mais tendência de autocentralização quando esse aileron maior e balanceado fosse totalmente defletido.

With great trepidation, the stall tests were initiated. Fearing what might be found, the test airplane had the standard tail cone replaced with one that housed an explosively deployed drag chute. As the stall series progressed, moving from forward to aft CG, lead test pilot Bud Francis found that everything was quite conventional. Although the burble from the wing missed hitting the high horizontal tail such that there was very little pre-stall buffet—making the stall horn a requirement—every time the stall break occurred, the nose dropped at its own accord. But as the CG finally reached the aft limit, Bud related that not only did the nose not automatically drop at the stall break but it pitched up about 10 degrees higher! “Thank goodness for the chute!” he said silently.

But, voila! When he pushed the wheel forward, the nose came down and recovery was easy. This led to a statement made in the “Associated Conditions” portion of the Stall Speed chart that carries more significance than most readers realize. It goes something like this: “A normal stall recovery technique may be used. The best procedure is a brisk forward motion of the control wheel to a full nose down position. Recovery should be initiated when airspeed has increased approximately 20 knots above stall speed.” So the shaker and pusher went away, found not to be required.

Com grande apreensão, os testes de estol foram iniciados. Temendo o que poderia ser encontrado, o avião de teste teve o cone de cauda padrão substituído por um que abrigava um paraquedas de arrasto com acionamento-abertura explosivamente.

À medida que a série de estol progredia, passando do CG dianteiro para o traseiro, o piloto de teste líder Bud Francis descobriu que tudo era bastante convencional. Embora a perturbação-turbilhonamento do fluxo de ar da asa não atingisse a cauda com estabilizador horizontal alto, de modo que havia muito pouco *buffet* (trepidação) pré-estol - tornando a buzina de estol um requisito - toda vez que ocorria a perda total da sustentação no estol, o ‘nariz’ caía por conta própria. Mas quando o CG finalmente atingiu o limite traseiro, Bud relatou que não apenas o ‘nariz’ não caía automaticamente na perda total da sustentação no estol, mas que se elevava cerca de 10°! “Graças a Deus pelo paraquedas!”, ele disse silenciosamente.

Mas, eis que (“*voilà*”)! Quando Bud empurrou o manche para frente, o ‘nariz’ desceu e a recuperação do estol foi fácil. Isso levou a uma declaração feita na parte “Condições Associadas” do gráfico de velocidade de estol - “*Associated Conditions*” - *Stall Speed Chart* - que carrega mais significado do que a maioria dos leitores percebe. É mais ou menos assim: “Uma técnica normal de recuperação de estol pode ser usada. O melhor procedimento é um movimento rápido para frente do manche [de controle de vôo] para uma posição de nariz totalmente para baixo. A recuperação deve ser iniciada quando a velocidade (indicada) tiver aumentado aproximadamente 20 KT acima da velocidade de estol” Então o dispositivo de advertência e prevenção contra estol *stick shaker/stick pusher* foi “embora”, não sendo necessário.

It was thought that this new big rudder might well require more than 150 pounds—the FAA maximum allowable—to fully deflect, and hence the installation of the rudder boost system on the prototypes. The final tests showed the actual worst-case force to be 147 pounds, so the rudder boost also could be eliminated. However, it was retained as standard equipment since Beechcraft airplanes are supposed to be the “Cadillacs of the Air” and who wanted to apply that much force anyway? However, the MMEL (master minimum equipment list) allows operation without a rudder boost in the 200 series. (Not in the 300 series, where the maximum force can reach about 180 pounds.)

Acreditava-se que esse novo leme grande poderia exigir mais de 150 lb. - o máximo permitido pela FAA - para completa deflexão, e daí a instalação do sistema de incremento do leme (*rudder boost*) nos protótipos. Os testes finais mostraram que a pior força real era de 147 lb., então o reforço do leme (*rudder boost*) também poderia ser eliminado. No entanto, o reforço do leme (*rudder boost*) foi mantido como equipamento padrão, já que os aviões Beechcraft são supostamente os “Cadillacs do Ar” e quem queria aplicar tanta força de qualquer maneira? No entanto, a MMEL (lista-mestra de equipamentos mínimos) permite a operação sem o reforço do leme (*rudder boost*) na série 200. Não na série 300, onde a força máxima no leme pode atingir cerca de 180 lb.

A few other benefits were found to follow the T-tail. First, there was much less pitch trim involved when the flap position was altered since the changed airflow from the wing mostly missed the tail. Second, the airplane was smoother in flight and during ground run-ups since the prop wash wasn't hitting the tail. Lastly, and perhaps most beneficial, by moving the horizontal stabilizer up it was also being moved aft due to the sweep of the vertical tail, which led to a longer moment arm to the elevators. Now, with a much smaller horizontal surface than on the 100, they could revert to simple conventional trim tabs on the elevators and achieve a 4-inch greater CG range for the same cabin dimensions! Amazing!

That pitch up at the stall break is something I have never experienced since all flight training is usually with a fairly forward CG since we're not carrying a lot of passengers during the training. It is exceedingly easy for that tail to create so much downforce even near stall that getting a secondary stall during recovery is quite common.

Alguns outros benefícios foram encontrados após a cauda em “T”. Primeiro, houve muito menos compensação de arfagem (*pitch trim*) envolvida quando a posição do flape era alterada, já que o fluxo de ar alterado da asa era perdido principalmente na cauda. Segundo, o avião ficou mais suave em vôo e durante as corridas no solo, já que corrente da circulação da hélice (*prop wash*) não estava atingindo a cauda. Por último, e talvez o mais benéfico, ao mover o estabilizador horizontal para cima da cauda, estabilizador horizontal também estava sendo deslocada para trás devido ao enflechamento da cauda vertical, o que levou a um braço de alavanca mais longo (e maior “momento”) para os profundos. Agora, com uma superfície horizontal muito menor do que no “100”, eles poderiam reverter para aletas de compensação (*trim tabs*) convencionais simples nos profundos e obter um alcance de CG de 4 polegadas (10,16 cm) maior para as mesmas dimensões de cabine! Incrível!

Essa “picada” - levantamento do ‘nariz’, um *pitch up* - na perda total da sustentação no estol [com o CG no limite traseiro] é algo que eu nunca experimentei, já que todo treinamento de vôo geralmente é com um CG bastante avançado (para frente), já que não estamos transportando muitos passageiros durante o treinamento. É extremamente fácil para essa cauda criar tanta força descendente (*down force*), mesmo perto do estol, que obter um estol secundário (*secondary stall*) durante a recuperação é bastante comum. Isso explica a formulação sobre a orientação em manual “... quando 20 KT acima ...” - naquele parágrafo de gráfico de estol (*Stall Chart*) que citei anteriormente.

That explains the wording about “...when 20 knots above...” in that Stall Chart paragraph I quoted earlier. When I received my first instruction in BB-1 from Bud, he had me trim for 1.3 times clean stall speed, then ease into a non-accelerated stall and note at what speed the break occurred (about 100 KIAS). Then, we dropped the nose to pick up speed until we hit 120, then 130, then 140, all the way up to 160. At each of those speeds, with only my little fingers wrapped around the control wheel as Bud instructed, we were able to easily induce stall rumble in all cases by pulling back aggressively! That airplane has some powerful elevators!

Quando recebi minha primeira instrução no “BB-1” (protótipo do “200”) de Bud, ele me fez “compensar” para velocidade de 1,3 vezes a velocidade de estol em configuração de aeronave limpa (*clean stall speed*), então “aliviar” para um estol não-acelerado e anotar em que velocidade a perda da sustentação ocorreu (cerca de 100 KIAS). Então, abaixamos o ‘nariz’ para ganhar velocidade até atingirmos 120, depois 130, depois 140, até chegarmos a 160. Em cada uma dessas velocidades, com apenas meus pontas de dedos no manche de controle conforme Bud instruiu, fomos capazes de induzir facilmente o estol secundário em todos os casos, puxando o manche para trás agressivamente! Esse avião tem alguns profundos poderosos!

Beech was so enamored with the success of the 200's T-tail that the initial thinking was, "Well, heck, let's do this across the board!" They put a T-tail on an experimental flight test version of the A36 Bonanza and didn't like it at all! It must have been a little like the short-lived T-tailed Piper Lance that not many pilots enjoyed. So with the exception of the long out-of-production F90, the only Beechcraft airplanes with T-tails are the direct descendants of the Super King Air 200.

A Beech ficou tão encantada com o sucesso da cauda "T" (*T-tail*) do "200" que o pensamento inicial foi: "Bem, que diabos, vamos fazer isso por todo catálogo [portfólio]!". Eles colocaram uma cauda "T" (*T-tail*) numa versão experimental de teste de vôo do A36 *Bonanza* [monomotor a pistão] e não gostaram nem um pouco! Deve ter sido um pouco como o Piper *Lance* [monomotor a pistão PA-32RT-300, de produção de 1978 a 1979, com introdução de cauda "T", derivado do Piper *Cherokee Lance*, por sua vez derivado do PA-32 com trem retrátil], de curta duração com *T-tail*, do qual poucos pilotos gostaram. Então, com exceção do F90, há muito tempo fora de produção, os únicos aviões Beechcraft com cauda "T" (*T-tail*) são os descendentes diretos do *Super King Air 200*.

Tom Clements

O cmt. Tom Clements voa e dá instrução em *King Air* ao longo de 46 anos, acumulando experiência de vôo de mais de 23.000 horas, sendo mais de 15.000 horas em *King Air*

É instrutor de vôo (CFI) com "credencial de ouro"

É fundador e com atividade de mentor ativo do centro de instrução *King Air Academy*, em Phoenix/EUA

É autor do livro "*The King Air Book*"

É articulista permanente da revista mensal *King Air Magazine*, com a coluna "*Ask de the expert*" (Pergunta ao especialista)